This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

**A propos de ce livre**

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

**Consignes d'utilisation**

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

**À propos du service Google Recherche de Livres**

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

UC-NRLF
$B 277 500

THE LIBRARY
OF
THE UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

PRESENTED BY
PROF. CHARLES A. KOFOID AND
MRS. PRUDENCE W. KOFOID

# ÉTUDES AGRONOMIQUES

PAR

HYAC. VANDERYST,
Ingénieur agricole
Agronome honoraire de l'État
Professeur de sciences naturelles
au séminaire des missions
pour la Chine et le Congo

ET

GÉRARD SMETS,
Docteur en sciences
Membre de la Société belge de géologie
de paléontologie et d'hydrologie
Professeur d'agriculture à Hasselt

I. L'analyse du sol par la plante et les essais d'engrais.
II. Les engrais magnésiens.
III. Sur la valeur comparée de quelques phosphates.
IV. Recherches expérimentales sur les sables campiniens, tongriens et diestiens.

LOUVAIN
D. AUG. PEETERS-RUELENS
Éditeur, rue de Namur, 11

BRUXELLES
G. MAYOLEZ, libraire-éditeur
17, rue de l'Impératrice
et place de l'Université, 1

1890

# ÉTUDES AGRONOMIQUES

*Tous droits réservés*

---

*Tous les exemplaires sont revêtus de la signature d'un des auteurs.*

Louvain. — Imp. A. Peeters-Ruelens.

# ÉTUDES AGRONOMIQUES

PAR

HYAC. VANDERYST, ET GÉRARD SMETS,

Ingénieur agricole
Agronome honoraire de l'État
Professeur de sciences naturelles
au séminaire des missions
pour la Chine et le Congo

Docteur en sciences
Membre de la Société belge de géologie
de paléontologie et d'hydrologie
Professeur d'agriculture à Hasselt

I. L'analyse du sol par la plante et les essais d'engrais.
II. Les engrais magnésiens.
III. Sur la valeur comparée de quelques phosphates.
IV. Recherches expérimentales sur les sables campiniens, tongriens et diestiens.

LOUVAIN
D. AUG. PEETERS-RUELENS
Editeur, rue de Namur, 11

BRUXELLES
G. MÁYOLEZ, libraire-éditeur
17, rue de l'Impératrice
et place de l'Université, 1

1890

S'639
V3

# ANALYSE DU SOL PAR LES PLANTES

> Le fondement de l'agriculture est la cognoissance des terrains que nous voulons cultiver.
>
> OLIVIER DE SERRES.

---

## INTRODUCTION.

Quand la science eut décélé la composition des plantes et découvert quelques lois de l'alimentation végétale, on a cru longtemps qu'il suffisait d'analyser un sol pour connaître sa force productive, sa fertilité naturelle ; on croyait aussi que l'on pouvait, par là, déterminer la nature des éléments fertilisants qu'il importe de lui restituer sous forme d'engrais, pour obtenir des récoltes maxima.

Aujourd'hui il est, par contre, admis généralement que l'analyse chimique du sol est insuffisante et qu'elle ne peut donner que des renseignements incomplets sur la fertilité du sol.

On est loin de lui dénier toute valeur ; non, sa valeur est considérable ; comme nous le démontrerons dans la suite, les investigations scientifiques sur la fertilité d'un sol doivent, autant que possible, commencer par son ana-



M372135

lyse chimique. MM. Risler et Colomb-Pradel (1) ont d'ailleurs montré, dans un travail remarquable, *dans quelles limites l'analyse chimique des terres peut servir à déterminer les engrais dont elles ont besoin.*

Malheureusement les chimistes ne sont pas d'accord sur la méthode à suivre dans l'analyse des terres : les analyses ne sont pas comparables, parce que les méthodes d'analyses, surtout l'attaque des terres à analyser, ne sont pas les mêmes.

Les analyses chimiques des terres, comme on les a faites jusqu'à présent, n'ont qu'une valeur tout à fait relative ; s'il était permis de s'exprimer de la sorte, nous dirions qu'elles n'ont de *valeur positive* que par leurs *résultats négatifs* : c'est-à-dire quand l'analyse chimique décèle l'absence ou une très faible quantité seulement d'un élément fertilisant, on est certain que la restitution de cet élément s'impose. Encore est-il nécessaire que l'on fasse l'analyse complète du sol et que l'on ne se contente pas d'une attaque par l'acide chlorhydrique ou par l'acide nitrique. Nous pourrions citer des analyses de terre (limon hesbayen), faites par des chimistes experts, indiquant absence *totale* d'acide phosphorique ; néanmoins ces terres donnaient des récoltes passables de grains et de betteraves : il est évident que l'acide phosphorique du sol n'avait pas été dissout. Nous ne savons pas comment l'attaque avait été faite.

Les analyses les plus parfaites sont, sans conteste, celles de notre station expérimentale de Gembloux ; on y fait l'analyse totale du sol, ou plutôt l'analyse totale de la terre fine passant au tamis de 1 mm.

On y dose cependant séparément les éléments solubles

(1) Risler et Colomb-Pradel, *Dans quelles limites*, etc. Nancy, Berger-Levrault, 1887.

et insolubles dans l'acide chlorhydrique. Nous croyons que la solubilité d'un élément, dans l'acide chlorhydrique est loin d'être une preuve de son assimilabilité, et son insolubilité dans ce réactif une preuve de sa non-assimilabilité. Certains éléments combinés aux matières noires de Grandeau, quoique solubles dans l'acide chlorhydrique sont absolument inassimilables.

Dans les cultures en pots, faites en 1888, nous avons obtenu les résultats suivants pour l'acide phosphorique. Nous choisissons de préférence cet exemple parce que aucun des sols ne contient de l'acide phosphorique insoluble dans l'acide chlorhydrique.

| SOLS | Quantité d'acide phosphorique par hectare sur une épaisseur de 20 centim. | Récolte obtenue avec engrais complet. | Récolte obtenue avec engrais complet sans acide phosphorique. | Quantité de matière noire de Grandeau par hectare. |
|---|---|---|---|---|
| Sable campinien | 314 | 34 | 5 | 41008 |
| Sable tongrien | 504 | 42 | 47 | 424 |
| Sable diestien | 1110 | 27 | 5 | 15067 |
| Limon hesbayen (sous-sol) | 1269 | 25 | 25 | 415 |
| Limon hesbayen (terre arable) | 3985 | 15 | 12 | 7973 |

Pour les besoins de la végétation, l'acide phosphorique manque complètement dans le sable campinien et dans le

diestien. Ce dernier en renferme cependant 1110 kilogr. par hectare et pour une couche de 20 centimètres d'épaisseur. Le sable tongrien n'en renferme que la moitié et cependant l'acide phosphorique ne manque absolument pas. Après la destruction de l'humus, par calcination, dans le sable campinien et dans le diestien, l'acide phosphorique ne manque plus (1). Cette expérience démontre qu'il n'est pas nécessaire qu'un sol renferme de fortes quantités d'éléments fertilisants ; il importe surtout que ces éléments soient directement assimilables.

D'ailleurs c'est pour cette raison que par l'emploi des engrais chimiques nous obtenons d'excellents résultats sans restituer de fortes doses d'éléments fertilisants.

Le limon hesbayen superficiel, riche en matières noires de Grandeau, renferme le triple d'acide phosphorique du limon inférieur, il en contient la quantité normale réclamée par les auteurs et cependant la plante décèle le manque d'acide phosphorique.

L'analyse chimique ne peut constater si les éléments, qu'elle renseigne, sont assimilables ou non, ni dans quelle proportion ils peuvent le devenir, encore moins l'époque de leur transformation en aliment utilisable. Nous ne connaissons aucun moyen, à part pour l'azote, pour séparer les éléments assimilables de ceux qui ne le sont pas.

Néanmoins l'analyse devrait nous renseigner sur la nature des combinaisons dans lesquelles les éléments fertilisants sont engagés, ce qui permettrait parfois de prévoir approximativement la quantité d'un élément devenant absorbable par les phénomènes de désagrégation : la potasse

(1) G. Smets et H. Vanderyst, *Les avantages et les inconvénients de l'humus*, Louvain 1889.

contenue dans la *glauconie* est plus rapidement mise en circulation que celle engagée dans les *micas*. L'analyse chimique devrait être complétée, dans tous les cas, par l'analyse microminéralogique.

Il n'est pas douteux que, dans certains cas donnés, toutes les substances fertilisantes insolubles dans les réactifs les plus généralement employés, que l'on rencontre dans les terres arables, puissent devenir absorbables et assimilables et servir d'aliment à l'une ou à l'autre plante.

L'analyse devrait aussi indiquer la finesse absolue du sol — et non pas seulement la quantité de terre fine passant pas un tamis d'un millimètre, — ainsi que l'homogénéité du sol : de deux sols de composition chimique identique, celui-là est le plus fertile qui est le plus homogène et dont les éléments fertilisants se trouvent dans un état plus divisé.

C'est pour ce motif que les engrais les plus fins, — les phosphates notamment — ont une action plus rapide et plus grande que les engrais plus grossièrement broyés.

On doit tenir également compte du pouvoir absorbant pour l'eau et surtout de la quantité que le sol peut mettre à la disposition des plantes.

On ne doit pas seulement considérer le pouvoir absorbant total, ou la quantité d'eau que le sol peut absorber et retenir, mais encore la quantité d'eau réellement disponible. Des expériences faites, en Allemagne (1), prouvent que les diverses terres sont loin de retenir l'eau avec la même énergie.

Un sol, riche en humus, renfermait encore 12.3 p. % d'eau, au moment où une plante de tabac commençait à s'y faner ;

(1) Dr Julius Sachs. *Vorlesungen über Pflanzen-Physiologie*, 1887, p. 239.

un sol limoneux n'en contenait que 8 p. %, un sol sablonneux quartzeux seulement 1.5 p. %.

« Ma conclusion est formelle, dit M. Ville (1), la chimie est impuissante à nous éclairer sur les qualités des terres, sur leurs ressources et leurs besoins, parce qu'elle confond dans ses indications, les éléments assimilables actifs et les éléments assimilables en réserve; les parties actives et les parties inertes ou neutres. »

Depuis lors, la chimie agricole a fait de grands progrès ; mais, peut-être parce que les chimistes n'ont pas fait l'analyse totale du sol, nous ne sommes pas encore beaucoup plus avancés qu'en 1874, en ce qui regarde les conclusions à tirer de l'analyse du sol.

Pour connaître la fertilité d'une terre, on peut avoir recours à l'analyse chimique du sol, à l'analyse physique et minéralogique, à l'analyse des plantes provenant de ce sol, à l'examen de la végétation tant spontanée qu'autre (coloration, verse, etc.), à l'examen de la faune se nourrissant des récoltes du sol, enfin à l'analyse du sol par la plante, dont nous nous occuperons surtout dans le présent travail.

M. George Ville, en France, M. Proost, en Belgique, ont été les ardents promoteurs et vulgarisateurs de l'analyse du sol par la plante.

« La chimie agricole, dit M. Proost (2), est une science vaine dès qu'elle cesse de s'appuyer sur les révélations de la physiologie. Conséquemment les sciences biologiques sont aussi indispensables à l'agronome que les sciences du

(1) Conférence donnée à la société centrale d'agriculture de Belgique, 19 juin 1874. Journal soc. cent. d'agricult. Septembre 1874, p. 269.

(2) A. Proost, *L'analyse du sol par la plante.* Bruxelles 1887, p. 28.

monde inorganique. Indépendamment des lois générales de la biologie qui s'appliquent à tous les végétaux supérieurs, les plantes ont des besoins divers selon leur espèce et donnent des produits différents dans les différents sols.

« Rien n'est plus dangereux que de généraliser en cette matière, comme la plupart des chimistes et des physiciens l'ont fait trop souvent jusqu'ici. L'analyse du sol par la plante et les cultures expérimentales dans le sable inerte peuvent seules prononcer en dernier ressort, non seulement sur la valeur nutritive des éléments contenus dans le sol, mais aussi sur celle des engrais qu'on introduit. »

Nous démontrerons que l'analyse du sol, telle qu'elle a été faite jusqu'ici n'est absolument pas une analyse rigoureuse du sol par la plante ; elle ne constitue qu'un essai d'engrais.

Certes, on a obtenu de beaux résultats parfois, au point de vue pratique, mais l'analyse du sol par la plante — à la façon dont on l'entendait — n'a pas donné les résultats qu'elle peut donner ; des expériences faites, on a tiré trop souvent des conclusions absolument fausses ou trop générales.

Cette méthode, telle qu'on l'a recommandée et pratiquée jusqu'à présent, est tombée dans un discrédit qui n'est que trop mérité.

Pour notre part, nous avons fait d'après cette méthode, des essais nombreux et chaque fois les résultats obtenus étaient entachés de contradictions flagrantes. D'ailleurs il suffit de parcourir les résultats d'analyses du sol publiés par plusieurs auteurs, pour se convaincre, que ce mode d'investigations est loin d'avoir donné les résultats auxquels on était en droit de s'attendre *en théorie !* L'optimisme des auteurs qui se sont occupés de la question a été déçu.

L'analyse du sol par la plante n'est pas une expérience

pratique susceptible d'être faite par n'importe quel cultivateur : c'est une expérience scientifique de laboratoire, et qui sera entre les mains des agronomes, un moyen puissant et presque unique pour faire progresser la science agricole, à la condition que l'interprétation des résultats soit rigoureuse et basée sur une connaissance approfondie des lois de la physiologie végétale.

*L'analyse du sol par la plante* sera le sujet de la première partie de ce travail ; la seconde traitera *des essais d'engrais*.

---

# 1re PARTIE.

## Analyse du sol par la plante.

### I.

### Définition.

*L'analyse d'un sol par la plante* a pour but de déterminer, par la comparaison des résultats d'expériences culturales, faites dans des conditions parfaitement déterminées, la nature exacte des éléments fertilisants qu'il est nécessaire d'appliquer à ce sol.

Elle consiste donc à cultiver dans un sol une même plante dans le but de rechercher quels y sont les éléments fertilisants suffisamment représentés et quels sont les éléments manquant pour le développement normal de cette plante.

On ne doit point confondre *l'analyse du sol par la plante* et les *essais d'engrais.*

La première doit nous renseigner sur la nature des éléments fertilisants qui doivent être restitués au sol pour augmenter la récolte et nous indiquer aussi exactement que possible jusqu'à quel point il est nécessaire de restituer tel ou tel élément fertilisant. En un mot, elle doit nous renseigner sur la composition du sol en éléments fertilisants

absorbables et assimilables. Ces analyses, comme nous le verrons plus loin, doivent être faites *en pots* ou dans des cases de végétation.

Les *essais d'engrais* sont des expériences culturales, des expériences ayant pour but de nous indiquer jusqu'à quel point il est avantageux, au point de vue économique, d'employer tel ou tel engrais simple ou complexe. Ils ne donnent que des indications de peu de valeur sur la composition du sol.

Supposons par exemple que l'emploi des superphosphates a augmenté la récolte, on peut déduire qu'il est utile, avantageux de l'employer, mais on ne saurait dire jusqu'à quel point *l'acide phosphorique* fait défaut dans le sol, ni même s'il fait défaut : l'effet de cet engrais peut être dû totalement ou partiellement :

*a)* à l'acide phosphorique,

*b)* à la chaux du phosphate et du plâtre,

*c)* à l'acide sulfurique,

*d)* à l'action indirecte du plâtre.

Une analyse du sol par la plante, au contraire, doit nous renseigner sur la nature des éléments suffisamment représentés dans le sol ou non, à l'état assimilable.

Toute expérience qui ne permet pas d'arriver rigoureusement à ces conclusions ne peut être appelée une analyse du sol par la plante.

Or, comme on n'a généralement employé que des engrais à action complexe (sulfate d'ammoniaque, chlorure de potassium du commerce, plâtre, superphosphate), nous pouvons dire qu'on n'a guère fait d'analyses du sol par la plante jusqu'à présent ; aussi n'est-il pas étonnant que les conclusions, que l'on a voulu déduire de telles expériences, ont été si souvent fausses et contredites par l'expérience.

## II.

### Objet des recherches.

Il importe avant tout de fixer l'objet des recherches à faire.

Des expériences nombreuses et variées ont démontré que, pour parvenir à leur complet développement, les plantes ont besoin de *radiations*, *d'aliments* et *d'eau*.

L'aliment indispensable des végétaux supérieurs se compose de dix corps simples différemment combinés : ces dix éléments nécessaires sont :

| | |
|---|---|
| Carbone | Soufre |
| Hydrogène | Potassium |
| Oxygène | Calcium |
| Azote | Magnésium |
| Phosphore | Fer. |

Les autres éléments que l'on rencontre dans les plantes, Sodium, Chlore, Silicium, Manganèse ne sont pas *indispensables ;* ils peuvent être *utiles*.

Comme les plantes retirent le Carbone de l'air, l'Hydrogène et l'Oxygène principalement de l'eau, il n'y a que 7 éléments sur lesquels l'observation doit se faire.

A la rigueur, on pourrait faire une expérience sur l'action de l'Oxygène libre dans le sol ; par un travail plus parfait, le sous-solage, le binage, etc. il se fait une circulation plus active d'Oxygène dans le sol, ce qui est favorable à la végétation, à la fois par l'action directe de cet élément sur le végétal et par son action sur les éléments contenus dans le sol.

L'eau ne joue pas seulement le rôle d'aliment, mais il est aussi le véhicule des autres éléments contenus dans le sol.

Nous ne nous occuperons pas dans ce travail des expériences pour l'Oxygène, ni pour l'eau ; cependant il faudra tenir compte de leur action, comme nous l'indiquerons dans la suite.

M. George Ville, et la plupart des auteurs à sa suite, ont soutenu que 4 éléments seuls pouvaient faire défaut dans un sol, à savoir l'azote, l'acide phosphorique, la potasse et la chaux ; d'après leur dire, tous les sols sont suffisamment pourvus de soufre, de fer et de magnésie, par conséquent l'analyse du sol par la plante ne doit envisager que les 4 premiers éléments. *C'est une erreur grave*, qui a surtout empêché le succès auquel était appelée l'analyse du sol par la plante ; elle a été de plus, en maintes circonstances, la cause du discrédit jeté sur les engrais chimiques : l'expérience montrait le défaut des théories des savants.

On a constaté à diverses reprises, comme nous l'avons fait pour certains sables campiniens que la magnésie nécessaire pour une végétation normale peut absolument faire défaut. De plus, il *n'est pas scientifiquement démontré que partout l'acide sulfurique et le fer se trouvent en quantité suffisante*, par conséquent, *pour des recherches scientifiques et rigoureuses*, l'expérimentation doit se faire sur les 7 éléments.

L'erreur était d'autant plus grave que déclarant l'inutilité de la *magnésie*, de l'*acide sulfurique*, etc. les engrais employés, dans les expériences, contenaient souvent ces éléments et que, par exemple, en employant du sulfate de Calcium, on attribuait toujours à la *chaux*, l'effet donné par le plâtre.

M. Marguerite-De la Charlonny (1) a fait de nombreuses expériences pour montrer l'effet du sulfate de fer.

(1) *Bulletin des séances de la société nationale d'agriculture de France*, année 1888, p. 473, et alibi.

Il est vrai, ces expériences ne permettent pas de conclure, avec sûreté, que le fer manque ; l'effet favorable du sulfate de fer peut en effet être dû 1° au Fer ; 2° à l'acide sulfurique ; 3° à l'action indirecte de ce sulfate ; mais en tout cas, il reste acquis que l'addition de ce sulfate augmente la proportion de fer dans les végétaux (Dr Griffiths.)

Devant cette incertitude, des recherches sur le fer s'imposent ; il faut éliminer les causes d'erreur.

Quant à *l'acide sulfurique* nous savons qu'il est favorable au développement des crucifères et des légumineuses ; existe-t-il partout en quantité suffisante ?

Certains sols n'en renferment que des traces ; les sulfates sont facilement entraînés dans le sous-sol ; le pouvoir absorbant du sol pour le sulfate de magnésie, le sulfate de chaux est très faible.

Risler et Coulomb-Pradel (1) trouvent dans l'analyse de quelques terres un défaut absolu de cet élément, aussi, disent-ils, « on néglige trop l'acide sulfurique dans l'analyse des terres », et ils se demandent si le plâtre n'a pas souvent une action directe dans les sols qui manquent d'acide sulfurique.

L'action des sulfates est parfois si énigmatique qu'il faut attribuer souvent à l'acide sulfurique un rôle très important non seulement indirect, mais encore direct.

L'eau de pluie apporte toujours au sol une certaine quantité d'acide sulfurique : nous ne connaissons pas la quantité de cet acide contenue dans les eaux pluviales de la Belgique. D'après Warington (2), en Angleterre cette quantité est parfois assez élevée et pourrait suffire aux besoins de certaines récoltes en cet élément.

(1) Risler et Coulomb-Pradel, *Dans quelles limites*, etc., p. 59, trad. P. de Vuyst et Wauters.

(2) Warington. *La chimie à la ferme*, p. 20.

Suivant que pour l'arrosement des cultures, on se servira d'eau bien distillée ou d'eau de pluie filtrée, on pourra, pour l'acide sulfurique, arriver à des résultats bien différents.

Dans sa cinquième conférence de Vincennes, M. George Ville dit (p. 257) : « En bornant au phosphate de chaux, à la potasse, à la chaux et à une matière azotée, la composition de l'engrais complet, je n'entends pas nier l'utilité des autres produits que l'analyse nous découvre dans les végétaux ; je les supprime parce que la terre en est déjà pourvue.

Il se peut qu'il existe des composés de fer et de magnésie plus efficaces que ceux que le sol contient naturellement et dont la présence dans l'engrais se traduirait par une élévation de rendement. Lorsque l'expérience aura prononcé à cet égard, nous nous empresserons de nous conformer à ses prescriptions. Mais jusque là nous persisterons à exclure de l'engrais complet toute addition dont l'efficacité ne nous aura pas été démontrée. La science n'est pas immuable..... Composons un engrais perfectible comme la science dont il est une déduction, et contentons-nous d'y faire entrer les produits dont l'action est actuellement bien définie, et la forme utile parfaitement connue. Cet engrais représentera ce qu'il y a de plus parfait dans l'étal actuel de nos connaissances. Il suffira à tous les besoins de la pratique, et si l'avenir doit y faire d'utiles additions, nous pouvons affirmer du moins qu'il n'y trouvera rien à retrancher. »

Ce raisonnement pêche par la base : jusqu'à preuve du contraire, un engrais complet doit comprendre tous les éléments indispensables à la végétation, jusqu'à ce qu'il soit démontré rigoureusement que partout tel ou tel élément est suffisamment représenté, ou que dans un sol

déterminé un ou plusieurs éléments se trouvent en quantité suffisante.

Aussi, dans la pratique, le cultivateur doit employer les engrais chimiques qui renferment tous les éléments fertilisants minéraux, s'il n'a pas la certitude absolue que l'un ou l'autre ne fait pas défaut dans son sol. Nous oserions même dire qu'il faut, en certaines régions, porter une attention spéciale sur les éléments dont on s'est trop peu occupé jusqu'à présent.

Dans les expériences que nous avons faites, le fer employé à l'état de carbonate de Fer, $FeCO_3$, s'est montré plutôt nuisible qu'utile ; le sol est-il suffisamment pourvu de fer ou cette forme est-elle nuisible, nous n'oserions le dire ; nous croyons que l'emploi de l'hydroxyde ferrique finement pulvérisé est préférable.

Dans nos expériences, l'acide sulfurique employé à l'état de sulfate de soude a été nuisible à l'avoine, au sarrasin, mais utile aux pois.

Dans l'analyse du sol par la plante, il faudra toujours faire des recherches sur ces 7 éléments; on peut même, on doit même en certaines circonstances, rechercher l'action d'autres éléments utiles, comme celle du *chlore* pour le *sarrasin*, etc.

## III.

## La loi du minimum.

L'analyse du sol par la plante se base théoriquement sur une loi de physiologie végétale qui peut se formuler de la manière suivante :

*Dans un sol suffisamment humide et perméable à l'air, toute végétation normale devient impossible quand l'un des éléments fertilisants indispensables à la nutrition des plantes fait complètement défaut.*

Cette loi est générale : aussi Liebig versait-il dans une erreur grave quand il assurait que pour rechercher l'absence ou le manque d'un élément dans un sol, il suffisait d'y ajouter cet élément et de déterminer le poids de la récolte. En effet :

Si l'addition de cet élément, même supposé chimiquement pur et sans action indirecte, augmentait la récolte, on pouvait, — avec les restrictions que nous poserons plus loin, — conclure qu'il manquait dans le sol.

Si l'addition était de nul effet ou même nuisible, on ne pouvait rien conclure, car il est possible qu'il n'a pas pu agir, par suite du manque d'un autre élément ou qu'il a encore exagéré la disproportion entre les éléments nutritifs du sol.

De cette loi fondamentale et absolument vraie, on déduit le corollaire suivant, connu sous le nom de *loi du minimum : La récolte qu'un sol est susceptible de donner est proportionnelle à la quantité de l'élément fertilisant, absorbable et assimilable, qui s'y trouve, au minimum, relativement aux besoins de la plante cultivée.*

L'élément au minimum n'est pas toujours l'élément qui se trouve dans le sol en plus faible proportion en poids.

Dans un même sol, *ce minimum* est variable suivant la plante que l'on cultive.

Il y a lieu donc de distinguer l'élément au *minimum absolu*, c'est-à-dire celui qui quantitativement est le moins représenté dans ce sol : il se détermine par l'analyse chimique du sol.

L'élément *au minimum relatif* est l'élément, qui relativement à la nature et aux exigences d'une plante donnée, manque le plus dans un sol à l'état absorbable et assimilable. Il se détermine par l'*analyse du sol par la plante*. Il

arie non seulement par l'emploi des engrais, mais encore 'après la plante que l'on cultive.

L'analyse chimique ne peut, dans la plupart des cas, ıdiquer quel est l'élément au minimum relatif, parce que aptitude des différentes plantes pour absorber et assimiler ɜs éléments fertilisants du sol est encore peu connue et [ue, d'ailleurs, l'analyse chimique est incapable de nous 'enseigner sur le dégré d'assimilabilité des divers éléments.

De plus les plantes n'ont pas les mêmes besoins, ni le nême pouvoir désagrégeant. Telle plante peut prospérer ɜur un sol où une autre espèce ne fait que végéter miséra- ɔlement. Les plantes ont en effet des aptitudes différentes ɔour satisfaire leurs besoins respectifs : dans beaucoup de erres arables de la Campine, l'élément au minimum est 'acide phosphorique pour le *trèfle,* mais *l'azote* pour les ɔéréales.

Il faut aussi établir une distinction importante, non seu- ement entre les éléments solubles et insolubles, disons plutôt entre les éléments absorbables et inabsorbables, mais aussi entre les éléments *absorbables* et les éléments *assimi- lables.*

Il n'est nullement démontré que tous les éléments absor- bables par la plante soient aussi assimilables pour elle, le contraire est vrai parfois : l'azote libre, les nitrites, le cyanogène, etc. ne peuvent, malgré leur absorbabilité, être considérés comme aliments pour la plante.

« Die Wurzeln (1) nehmen gelöste Stoffe der verschie- densten Art, selbst *schädliche*, auf, besitzen also nicht die Fähigkeit, solche zurückzuweisen. »

L'analyse d'une récolte ne peut pas rigoureusement déterminer si tel ou tel aliment est suffisamment représenté

(1) Dr JULIUS SACHS, *op. cit.* p. 269.

dans le sol ; elle ne fait pas la distinction entre l'élément assimilé et non assimilé.

La loi du minimum, telle qu'on la comprend aujourd'hui, signifie que, si un sol contient une quantité suffisante de 9 éléments essentiels pour fournir une récolte normale, de 5000 kilogr. par exemple, mais du 10e élément seulement une quantité suffisante pour produire 2000 kilogr., la récolte ne dépassera pas ce dernier chiffre.

Ainsi entendue, la loi n'est vraie que pour le Carbone, l'Hydrogène, l'Oxygène, l'acide phosphorique, l'acide sulfurique et l'azote. Elle est fausse si on l'applique aux autres éléments, ou elle n'est qu'approximativement vraie dans le cas de la chaux, potasse, magnésie et fer.

Les premiers éléments n'admettent aucune substitution pas un autre élément ; mais si les derniers éléments ne peuvent se remplacer totalement, nous savons qu'ils peuvent se substituer partiellement les uns aux autres, et que la *soude* même peut se substituer partiellement à ces éléments. Ces éléments jouent un rôle spécifique dans les plantes, rôle encore inconnu et pour lequel ils n'admettent aucune substitution ; à côté de cette fonction physiologiques, ils jouent un ou plusieurs rôles secondaires notamment celui de saturer les acides organiques, et pour lesquels ils peuvent se substituer les uns aux autres.

Dans l'analyse du sol par la plante il faut tenir compte de ce fait ; l'analyse de la plante donnera des indications, qui pour ne pas être tout à fait concluantes et décisives, permettront d'interpréter les faits.

Dans un sol, à composition normale, où les éléments fertilisants se trouvent, à l'état assimilable dans des proportions voulues par les plantes cultivées, celles-ci absorberont les différents engrais en raison de leurs besoins et

leur composition chimique se rapprochera sensiblement de la composition normale. Par contre, si l'équilibre est rompu les plantes absorbent en plus forte quantité tel élément qui se retrouve, relativement aux autres, en excès dans le sol. C'est d'ailleurs pour cette raison que la composition minérale des plantes varie dans des limites très étendues. Dans un sol pauvre en chaux, la consommation de potasse est beaucoup plus abondante.

Nous avons publié ailleurs déjà la composition de deux échantillons de foin provenant d'une des meilleurs prairies des environs de Lummen :

| ÉLÉMENTS | FOIN DE LA PARCELLE SANS ENGRAIS | FOIN DE LA PARCELLE AVEC ENGRAIS MINÉRAUX |
|---|---|---|
| Chaux | 11.52 | 21.33 |
| Magnésie | 3.70 | 5.36 |
| Soude | 2.52 | 6.82 |
| Oxyde de fer | 0.70 | 6.98 |
| Potasse | 39.41 | 23.46 |
| Acide silicique | 23.36 | 10.97 |

L'engrais minéral complexe employé était :

1000 kilogr. phosphates de scories.
500 kaïnite.
1000 Chaux.

Par l'addition de cet engrais, la teneur en éléments minéraux augmente notablement, sauf pour la potasse et la silice. Les plantes fourragères absorbaient de fortes quantités de ces deux éléments parce que le sol était pauvre en plusieurs autres éléments.

La plante fait une certaine sélection des éléments nutritifs dont elle a besoin (1) : si on dissout dans de l'eau des éléments également solubles, en proportion variable, il peut arriver que la plante enlève la plus forte quantité de l'élément fertilisant qui se trouve dans la solution en moindre quantité.

Cette substitution de certains éléments, les uns aux autres, joue un grand rôle et si l'on ne discute pas, à fond, les résultats obtenus dans les expériences, on commet nécessairement des erreurs :

Dans des expériences faites dans du limon hesbayen (sous-sol), nous avons obtenu en 1888 les résultats suivants avec l'avoine.

| CULTURES | POIDS DE LA RÉCOLTE. |
|---|---|
| Engrais complet | 25 grammes |
| Id. sans azote | 13 » |
| Id. sans acide phosporique | 25 » |
| Id. sans potasse | 28 » |
| Id. sans chaux | 28 » |
| Id. sans magnésie | 29 » |
| Rien | 7 » |

Ainsi l'acide phosphorique ne manque point ; si la potasse, la chaux et la magnésie étaient réellement inutiles, même nuisibles comme les expériences semblent l'indiquer, la 7ème culture, qui n'a reçu aucun engrais aurait dû donner 13 grammes et non pas 7 (2) : l'acide phosphorique n'admet pas de substitution.

(1) Dr Julius Sachs, *Vorlesungen über Pflanzen-Physiologie*, 1888 p. 269.

(2) Cependant il y a lieu de tenir compte de l'action des sels, qui ont pu favoriser la nitrification dans la culture sans azote.

Donc, prise individuellement, en présence des 2 autres restitués, chacune des 3 bases est inutile ; prises globalement, elles sont utiles ; pour sa fonction physiologique spécifique, chaque élément se trouve dans le sol en quantité suffisante, mais pour la fonction générique, la plante ne pouvait en absorber une quantité suffisante.

Un seconde série d'expériences, faites avec le même limon hesbayen, de la couche arable, conduit à la même conclusion :

| CULTURES | POIDS DE LA RÉCOLTE |
|---|---|
| Engrais complet | 15 grammes |
| Id sans azote | 13 » |
| Id sans acide phosphorique | 12 » |
| Id sans potasse | 16 » |
| Id sans chaux | 17 » |
| Id sans magnésie | 16 » |
| Rien | 6 » |

La dernière culture aurait dû donner 12 grammes, elle n'a donné que la moitié ; l'addition des trois bases double la récolte ; prise individuellement, en présence des deux autres restituées, chacune paraît inutile, même nuisible.

Ajoutons que nous avons employé du carbonate de potasse, de chaux et de magnésie et que l'action diffusive ou désagrégeante était par là écartée.

Donc si l'addition d'un élément manquant dans un sol peut rester souvent sans effet, *il peut arriver aussi que l'addition d'un élément ne manquant pas dans un sol relativement aux besoins de la plante que l'on cultive, il peut arriver,*

*disons-nous, que l'addition de cet élément* est utile ; il supplée au manque d'autres éléments, auxquels il peut partiellement se substituer. C'est à cela qu'il faut attribuer, *en partie*, l'effet des chaulages ; nous disons, *en partie*, parce que l'action désagrégeante de la chaux s'ajoute à l'effet direct de cet élément.

Il peut se faire que l'addition de magnésie ou de chaux, engrais à bon marché, quoique n'influençant aucunement la récolte, soit économique, en ce sens, que leur emploi économise la potasse, relativement chère. Dans maintes circonstances, on pourrait par là éviter l'épuisement du sol en potasse.

La loi du minimum n'étant pas absolue, l'analyse du sol par la plante n'a pas une valeur absolue : Les conclusions qu'on peut en tirer n'ont de valeur certaine que pour l'acide phosphorique, l'azote et le soufre. Elles n'ont qu'une valeur relative et parfois absolument nulle pour la potasse, la chaux et la magnésie considérée individuellement.

On recommande toujours de faire les séries de cultures suivantes :

| | | |
|---|---|---|
| 1° | Engrais complet. | |
| 2° | id. | sans Azote. |
| 3° | id. | sans Acide phosphorique. |
| 4° | id. | sans Potasse. |
| 5° | id. | sans Chaux. |
| 6° | id. | sans Magnésie. |
| etc. | | |

Il y a lieu souvent de faire des cultures, recevant un engrais sans potasse, sans chaux, sans magnésie, et d'autres ne recevant pas deux des trois éléments précités.

Il y a de plus lieu de tenir compte de l'action de la *soude* accompagnant quelques engrais employés, et laquelle peut se substituer partiellement aux autres bases.

## IV

### L'ANALYSE DU SOL PAR LA PLANTE N'A DE VALEUR CERTAINE QUE POUR LA PLANTE MISE EN EXPÉRIENCE.

Les différentes espèces de plantes n'ont pas les mêmes besoins physiologiques : nous ne connaissons pas encore actuellement celles dont les besoins sont identiques.

Quand on considère des plantes appartenant à des familles botaniques différentes, le fait est frappant : les *légumineuses* se développent parfaitement sur les rols riches en éléments minéraux, quand même ces terres seraient peu pourvues d'azote. Les céréales demandent, en général, un sol riche en azote.

Bien plus, dans une même famille, il y a des différences considérables ; ainsi certaines graminées se rapprochent des légumineuses pour leurs propriétés spécifiques.

Certaines graminées de nos prairies ne sont presque par influencées pas le nitrate de soude, alors que d'autres sont excessivement sensibles à l'action de cet engrais (1).

Telle plante demande une abondante quantité d'azote dans le sol, telle autre en puise à une autre source ; une plante exige beaucoup de potasse, une autre, plus de chaux ; il y a des plantes qui peuvent absorber dans le sol un élément sous une forme sous laquelle une autre ne peut l'absorber ; il y a des plantes qui peuvent assimiler un aliment sous telle forme, mieux que sous une autre ; la durée, la rapidité de la végétation est aussi variable d'après les espèces. Les espèces à croissance lente, sont naturellement moins exigeantes pour le sol que les autres.

(1) BRIERS ET VANDERYST : *l'analyse botanique des prairies*, etc. Tongres 1888.

Ces différences, en partie, ont pour cause que les plantes se trouvent dans des conditions spéciales pour satisfaire leurs besoins en aliment, parce qu'elles ne sont pas douées d'un même système radicellaire : on constate qu'il y a des différences au point de vue

*a*) De la quantité ou de la masse des racines et de la surface absorbante des poils radicaux.

*b*) De l'aptitude à utiliser les aliments engagés dans des combinaisons plus ou moins insolubles : (cette aptitude est en corrélation avec la surface absorbante des poils radicaux.)

*c*) De la profondeur à laquelle les racines pénètrent dans le sol.

D'après Muntz et Girard (1), la surface des radicelles calculée par hectare s'élève aux quantités suivantes :

| PROFONDEUR | BLÉ | ORGE | AVOINE | HERBE DE prairie | PAVOT | Luzerne | TRÈFLE | COLZA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 à 0.25 | 78700 m2 | 24864 | 77216 | 40240 | 5584 | 1952 | 3360 | 6080 |
| 0.25 à 0.50 | 15000 » | 4864 | 6400 | 18048 | 4928 | 496 | 26080 | 3952 |
| 0.50 à 0.75 | 14690 » | 2896 | 15584 | 10576 | 3824 | 816 | 14144 | 3360 |
| 0.75 à 1 00 | 4650 » | 2258 | 7840 | 6976 | 7349 | 655 | 1876 | 4320 |
| 1.00 à 1 25 | 5050 » | 416 | 774 | 400 | 528 | 1872 | 2200 | 6190 |
| 1.25 à 1.50 | — | — | — | — | — | 1008 | — | — |

Dans la détermination de la fertilité du sol, on ne doit pas seulement tenir compte de la teneur en éléments fertilisants de la couche arable proprement dite, qui a toujours une épaisseur relativement faible, mais encore de la quantité et de l'assimilabilité des éléments renfermés dans le sous-sol.

La répartition des racines dans le sol varie beaucoup

(1) MUNTZ et GIRARD : *Les engrais*, p.

selon les plantes, comme le tableau précédent le montre déjà.

POIDS DES RADICELLES A L'HECTARE (A L'ÉTAT SEC).

| PROFONDEUR | BLÉ | ORGE | AVOINE | HERBE | PAVOT | Luzerne | TRÈFLE | COLZA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 à 0.25 | 921.0 k. | 629.0 | 1120.3 | 2705.3 | 39.5 | 221.6 | 149.5 | 196.8 |
| 0.25 à 0.50 | 292.0 » | 185.0 | 178.0 | 120.0 | 56.3 | 56.0 | 425 0 | 128.8 |
| 0.50 à 0.75 | 248.0 » | 110.4 | 230.4 | 70.4 | 60.2 | 92.8 | 230.0 | 137.8 |
| 0.75 à 1.00 | 101.4 » | 86.4 | 113.6 | 46.4 | 56.0 | 75 2 | 108.8 | 188.8 |
| 1.00 à 1.25 | 100 0 » | 16.0 | 11.2 | 2 4 | 4.0 | 212.8 | 35.2 | 115.5 |
| 1.25 à 1.50 | — | — | — | — | — | 113.6 | — | 148.8 |

La profondeur à laquelle les différents espèces de plantes cultivées pénètrent sous le sol est très variable ; M. Orth de Berlin a constaté que, dans des sols sablonneux perméables à l'air, les racines des plantes cultivées pénètrent dans le sol jusqu'aux profondeurs suivantes :

| | Orth | Muntz et Girard |
|---|---|---|
| Luzerne blanche | 2.65 | plus de 1.75 |
| Minette | 0.73 | — |
| Trèfles de prairies | 1.45 | 1.70 |
| Lupin | 1.38 | 1.00 |
| Vesces | 0.90 | — |
| Fève | 1.11 | — |
| Colza | 1.65 | — |
| Lin | 0.67 | — |
| Betterave | 1.38 | — |
| Pomme de terre | 1.03 | — |
| Avoine | 1.27 | 1.50 |
| Seigle | 1.23 | — |
| Orge | 1.35 | 1.50 |
| Froment | 1.09 | 1.50 |
| Herbe de prairie | — | 1.40 |

La profondeur à laquelle les racines pénètrent dans le sol est excessivement variable même pour les plantes appartenant à la même famille botanique.

« Das maximum des Wurzeltiefganges unserer Kleearten ist :

| | | |
|---|---|---|
| bei Weissklee | 1/2 | Fuss |
| » Incarnatklee | 1 | » |
| » Rotklee | 2 | » |
| » Luzerne | 4 | » |
| » Esparsette | 8 — 12 | » |

Es ist aber nicht selten, dass du Weissklee nur einige Zoll, der Rotklee nur 1 Fuss tief, die Luzerne nur 2 Fuss tief gelangen und doch gedeihen (1) ».

Il est évident que plus les racines d'une plante pénètrent profondément dans le sol et plus facilement elle peut en retirer la quantité d'éléments fertilisants dont elle a besoin pour une végétation normale ou luxuriante.

On ne peut pas même admettre que les résultats donnés par l'analyse du sol par la plante soient applicables à une autre plante de la même famille, possédant à peu près le même appareil radicellaire, ayant même les mêmes besoins en aliment : l'aptitude des différentes plantes à retirer du sol les aliments dont elles ont besoin est très variable.

« Le pouvoir désagrégeant exercé sur les éléments minéraux du sol par les diverses plantes cultivées est très inégal ; c'est ainsi que plusieurs d'entre elles, comme l'orge et le lin, réclament dans le sol, pour croître vigoureusement, une quantité importante de nourriture toute préparée, tandis que d'autres, telle que l'avoine et le chanvre, possèdent un pouvoir d'appropriation plus étendu, attaquent, pour ainsi

(1) Dr Fraas, *Das Wurzelleben der Kulturpflanzen* S. 19 Berlin 1872.

dire, la roche et lui enlèvent directement de fortes proportions de corps nutritifs. » (1)

*
* *

*L'analyse du sol par la plante aura une grande valeur dès qu'on connaîtra bien les* BESOINS SPÉCIFIQUES *des différentes plantes cultivées.* Il importe surtout — afin de pouvoir généraliser les conclusions — de déterminer quelles sont les plantes qui ont les mêmes ou à peu près les mêmes besoins. Des séries de cultures parallèles faites dans un même sol avec les différentes espèces de plantes cultivées, permettront seules d'élucider complètement cette question qui est d'une si haute importance au point de vue de la pratique agricole.

Dans l'état actuel de la science agricole, il est difficile de tirer des conclusions exactes des résultats finaux *d'une seule analyse du sol par la plante.*

En tout cas, *on doit attacher beaucoup plus d'importance aux résultats négatifs qu'aux résultats positifs.*

L'analyse du sol par la plante est loin de rendre les autres moyens d'investigation inutiles. Pour déterminer sûrement la fertilité ou la valeur agricole d'un terrain, on doit coordonner les renseignements donnés : par l'analyse chimique, l'examen minéralogique et géologique, l'analyse du sol par différentes espèces de plantes, l'examen de la végétation, la flore, la végétation spontanée et, si possible, l'analyse chimique de différentes espèces de plantes ayant végété sur ce sol. De plus la fertilité d'une terre varie d'une année à l'autre d'après les conditions météorologiques : radiation, quantité d'eau pluviale tombée annuellement, humidité de l'air, etc.

A notre avis, on ne doit pas être exclusif. Tous les moyens

(1) WOLF *Les engrais,* traduction Damseaux, p. 65. Bruxelles 1887.

employés *isolément* peuvent ne donner que des résultats de faible valeur et le cultivateur doit par conséquent se baser sur le plus grand nombre d'indices possibles.

Dans cette voie, le champ de recherches importantes est d'une étendue considérable. On peut affirmer que sous ce rapport la science agricole est une science qui se forme : des expériences nombreuses, exactes, scientifiques, faites dans ces conditions parfaitement déterminées, peuvent désormais à peu près seules, à notre avis, contribuer efficacement à son avancement.

On ne connaît donc rien ou presque rien sur les fonctions spécifiques, la puissance d'absorption et d'assimilation des plantes ; l'analyse du sol par une plante *n'a de valeur que pour la plante cultivée.*

On ne peut pas généraliser les conclusions comme on l'a fait si souvent. Quand nous connaîtrons mieux les besoins spécifiques des plantes, les analyses du sol par la plante auront une bien plus grande valeur.

Un élément restitué peut être utile pour une plante, nuisible pour une autre.

Dans nos expériences avec du sable vierge de la Campine, nous constatons que l'avoine et l'orge indiquent un manque absolu d'acide phosphorique. (Le sable mis en expérience n'en contient que 314 kilogr. par hectare et pour une épaisseur de 20 centimètres.) Cependant les pois ne sont pas si sensibles, ils ont pu assimiler une certaine quantité d'acide phosphorique.

De la culture d'une plante, on peut certes tirer des conclusions probables applicables à une autre plante ; mais en tout cas, il ne faut pas se hâter de généraliser. Cela est surtout le cas pour divers éléments, telle que la potasse, si abondamment répandue dans la plupart de nos sols.

De ontleeding van de planten moet gedaan worden met scheikundige en chemische meststoffen, want als men het niet doen meene dat met men niet wat uitbreekt. Men mag dus geen gewone superphosphaat

## L'ANALYSE DU SOL PAR LA PLANTE DOIT SE FAIRE AVEC DES ENGRAIS SIMPLES, CHIMIQUEMENT PURS.

want deze bestaan uit meerdere deelen die voor de plan-ten nuttig zijn

Plusieurs substances minérales n'ont pas seulement une action directe, mais encore une action indirecte : les uns sont des agents de désagrégation ou de diffusion, d'autres mettent en circulation l'acide phosphorique, etc., d'autres substances ne sont pas chimiquement pures, mais accompagnées d'éléments agissant ou pouvant agir favorablement ou défavorablement sur la récolte, donc : *Pour les analyses du sol par la plante, il faut choisir des engrais chimiquement purs, à action simple ;* il faut proscrire les agents de diffusion autant qu'il est possible ; enfin les résultats doivent être corrigés d'après les données de l'analyse chimique du sol. Il est incroyable de devoir dire qu'on a attribué exclusivement à l'acide phosphorique les résultats donnés par les superphosphates, sans songer *a*) à la chaux combinée à l'acide phosphorique et à l'acide sulfurique ; *b*) à l'acide sulfurique accompagnant cet engrais ; *c*) à l'action indirecte du plâtre.

On ne peut objecter que la quantité de chaux n'est pas grande ; dans 2 à 300 kilogr. de superphosphates par hectare, il y a une quantité de chaux suffisante pour une récolte quelconque.

Certains engrais retiennent l'eau, ils sont hygroscopiques ; ils sont défavorables au développement de plantes adventices (la *haïnite* retenant l'eau et tuant les mousses) : par conséquent, certains éléments peuvent donner une augmentation de récolte même quand ils ne sont pas nécessaires à la nutrition des plantes.

Il en est de même de l'action de certains éléments, la chaux, la potasse, etc., sur les acides humiques (1). En présence même d'une quantité suffisante de ces éléments dans le sol, une addition peut être utile par son action indirecte.

Les engrais simples que l'on choisit doivent encore être absorbables et assimilables ; enfin ils ne doivent pas être nuisibles au développement de la plante ; à ce point de vue nos connaissances ne sont pas encore très étendues.

## VI.

## Les résultats finaux doivent être corrigés par l'examen de la végétation.

Dans les expériences, on observe parfois que, dans une culture, les plantes sont souffrantes quelque temps, par suite du manque d'un élément, mais dans la suite, grâce à un temps favorable, à un excès d'eau, l'élément manquant inassimilable le devient pour la plante devenue plus robuste ; il est à présumer que dans d'autres conditions plus défavorables, la récolte notamment dans la grande culture, serait compromise ; cependant la balance parfois n'accusera pas ce défaut, donc :

*L'examen de la végétation est indispensable pour tirer des conclusions certaines ; il est parfois aussi important que les résultats donnés par la balance.*

Il s'agit de constater *chaque jour* l'état de la végétation, l'égalité des conditions physiques, en un mot l'action des facteurs agissant sur la végétation.

(1) Smets et Vanderyst. Les avantages et les inconvénients de l'humus' Louvain A. Peeters-Ruelens 1889, p. 41.

Dans maintes circonstances, l'examen de la végétation donne des résultats plus certains que la balance, elle éloigne d'ailleurs plusieurs causes d'erreurs dans l'interprétation des résultats.

La fécondation des fleurs peut être entravée par l'humidité, par une température trop faible ; comme il est rare que les plantes de toutes les cultures soient en fleurs à la même époque , l'expérimentateur doit tenir compte de l'époque de la floraison, de l'état du ciel, de la température, etc., afin de ne pas attribuer à un élément chimique des résultats attribuables à des conditions exclusivement physiques et météorologiques.

La quantité de la récolte n'est qu'un facteur, mais non l'unique de la récolte ; la *qualité* de la récolte, le but que l'on poursuit est un facteur aussi important, donc :

« *Les résultats donnés par la balance doivent être comparés avec l'examen de la qualité de la récolte.* »

La quantité de sucre dans la betterave, celle de la fécule dans la pomme de terre, la proportion relative du grain à la paille dans les céréales sont autant de facteurs sur lesquels l'attention de l'expérimentateur doit se porter.

Supposons un sol relativement pauvre en tous les éléments fertilisants et donnant une récolte médiocre mais de bonne qualité, ce qui suppose que tous les éléments fertilisants se trouvent dans le sol en un bon état d'équilibre correspondant proportionnellement à une composition normale. Si dans ces conditions on emploie un engrais complet sans acide phosphorique, on peut certainement obtenir une plus forte récolte, mais elle pourra être de moindre qualité : le fourrage sera pauvre en acide phosphorique.

Dans les mêmes conditions, un engrais complet ne donnerait peut être pas une plus forte récolte, mais elle serait de bonne qualité.

Supposons un sol riche relativement pauvre en acide phosphorique ; si dans ces conditions, on emploie un engrais exclusivement phosphaté l'augmentation de récolte pourrait ne pas être considérable sans qu'on soit en droit d'en conclure à l'inutilité de cet engrais.

En effet, cet engrais peut avoir servi uniquement à améliorer la qualité du produit, à rétablir l'équilibre dans la composition minérale des plantes. Dans ce cas, l'analyse chimique des plantes (1) peut seule nous indiquer jusqu'à quel point il a été avantageux d'employer les phosphates.

Dans les prairies, il y a une cause spéciale d'erreur. En effet, le gazon se compose, en général, d'un mélange de *Graminées*, de *Légumineuses* et de *plantes mixtes*, inutiles ou nuisibles. Dans certains cas, la proportion de légumineuses dépasse celle des graminées. Si dans ce cas, on emploie un engrais complet, surtout s'il contient du sulfate d'ammoniaque, on favorise incontestablement la croissance des graminées au dépens des légumineuses. Cet engrais agira d'une manière plus ou moins défavorable sur le trèfle qui, dans certains cas, pourra même disparaître complètement.

Malgré la végétation vigoureuse des graminées, on n'obtiendra pas toujours une augmentation de récolte considérable la première année.

Par contre, sur la parcelle, ne recevant que des engrais minéraux, les légumineuses se développeront vigoureusement et on pourra y obtenir une récolte, en foin, sinon supérieure, du moins égale à celle obtenue sur la parcelle ayant reçu l'engrais complet.

Si on tenait donc seulement compte des résultats indi-

(1) Avec la restriction posée plus haut.

qués par la balance, on devrait en conclure que l'azote ne fait pas défaut. Or, dans beaucoup de cas, en continuant l'expérience et après sélection complète, on obtiendrait des résultats diamétralement opposés.

Notons encore que certains engrais peuvent favoriser ou entraver le développement d'autres plantes, et les résultats accusés par la balance, n'indiquant nullement ni la nature, ni la qualité du produit, peuvent conduire à des conclusions fausses.

Dans les prairies on doit donc nécessairement combiner les résultats de l'analyse du sol par la plante avec l'analyse botanique de la récolte.

## VII.

### Causes nombreuses d'erreurs.

L'analyse du sol par la plante demande donc qu'on s'entoure d'une multitude de précautions, afin d'écarter les multiples causes d'erreurs.

Rien n'est minutieux, tout est d'une importance capitale : il faut s'entourer des mêmes précautions dont s'est entouré par exemple M. *Peterman,* pour ses belles recherches sur la valeur des phosphates.

Les plantes ne puisent pas la nourriture à la même profondeur ; les unes ont des racines superficielles, d'autres des racines profondes, il en résulte que :

1° Une analyse du sol par la plante n'a de valeur que pour la couche de terre d'où les plantes tirent leur nourriture.

2° L'analyse du sol par la plante doit se faire en pots,

avec la terre où les racines devront puiser leur nourriture en pleine terre.

Les analyses du sol par les plantes doivent se faire dans des pots ou dans des cases de végétation renfermant tous le même *poids de terre*.

Maintes fois il est arrivé que dans des cultures prétendûment scientifiques et rigoureuses, on négligeait de peser la quantité de terre mise en expérience. Il en résultait que, dans une culture, les racines utilisaient les substances nutritives contenues dans 2 kilogr. de terre, dans une autre celles de 2 kilogr. 1/2. Dans la seconde, en supposant la terre homogène, les plantes ont à leur disposition un cinquième de plus d'éléments nutritifs. Ce fait est très important si nous songeons que, en ajoutant à une terre une fumure d'acide phosphorique correspondant parfois à 1/50 du poids total d'acide phosphorique contenu dans le sol, la récolte est notablement influencée.

Si un sol a donné des récoltes abondantes sur diverses parcelles avec un engrais complet dont un élément a été éliminé, de mauvaises récoltes, dans des conditions identiques, sur d'autres parcelles où un autre élément a été éliminé :

1° Il n'est pas certain que pour une récolte ultérieure, ce sol contiendra encore assez du premier élément. L'analyse chimique et des expériences répétées pourront seules décider.

2° Il est certain que la restitution du second élément s'impose.

Par conséquent, *on doit attacher beaucoup plus d'importance aux résultats négatifs qu'aux résultats positifs.*

Il faut que toutes les parcelles soient dans des conditions identiques au point de vue physique, il faut de plus que les plantes soient en nombre égal sur les parcelles que l'on compare ; l'augmentation comme la diminution du nombre de pieds influe sur la quantité comme sur la qualité de la récolte, le pouvoir désagrégeant des racines sera variable d'après le nombre des pieds, etc. : *les expériences doivent se faire sur un même nombre de pieds.*

Tout récemment, M. Petermann (1) fait ressortir qu'il faut toujours faire l'observation sur un certain nombre de plantes à la fois, pour se soustraire à l'influence due à l'*individualité* des sujets.

Le développement normal des plantes ne dépend pas seulement de conditions physiques et chimiques, mais encore de conditions physiologiques : des graines de bonne race, bien formées, donnent des plantes plus robustes, une récolte plus abondante que d'autres graines dont l'embryon souffre déjà de rachitisme.

On ne peut donc faire emploi que de graines presque identiques, bien sélectées, d'une variété bien déterminée, bien établie et dont les caractères sont bien fixés.

Les récoltes sont sous la dépendance non seulement des engrais et de la radiation, mais encore de la quantité d'eau dont la plante dispose : l'eau jusqu'à un certain point supplée au manque d'engrais ; en pénétrant dans les plantes en quantité plus considérable, elle peut y amener une quantité suffisante d'éléments nutritifs (2) contenus dans une solution très diluée ; donc :

(1) Petermann, Bull. Stat. agron. Etat n° 47.
(2) Ce qui fait dire que l'eau supplée aux engrais.

*Les résultats positifs peuvent être entachés d'erreur ou d'exagération.*

*Les résultats négatifs peuvent être trop peu visibles.*

La répétition des analyses, ou une discussion sévère des résultats, s'impose pour arriver à des résultats certains.

Il importe de tenir compte des conditions météorologiques dans lesquelles les expériences sont faites : sécheresse, chaleur, pluies prolongées, etc. autant de facteurs qui influent sur le résultat final et qui peuvent, en apparence fausser les résultats.

Il se peut qu'une année, la potasse, par exemple, ne fasse pas défaut dans un sol, si l'eau chargée d'acide carbonique, favorisée dans son action par la chaleur, peut désagréger une notable proportion de roches potassiques, tandis qu'une autre année cela ne peut être le cas : tout le monde sait que les années chaudes, suffisamment humides, où la végétation est favorisée par une radiation lumineuse abondante, on sait que ces années sont fertiles et pour tous les sols.

L'humus joue aussi un rôle important et peut à son tour fausser les conclusions : il est certain que plusieurs éléments ont la propriété de se combiner avec les matières humiques et de devenir par là inassimilables : les phosphates notamment sont dans ce cas.

Si l'on constate par l'analyse d'un sol, riche en matières organiques, le manque d'acide phosphorique, on ne peut pas en conclure *à priori* à la nécessité de la restitution de cet élément. Le sol peut être assez riche en acide phosphorique et dans ce cas, il serait plus avantageux et plus économique de détruire l'excès d'humus par le chaulage, le marnage, etc. Même il se pourrait que l'addition d'acide

phosphorique soit complètement inutile ; nous pourrions en citer des cas : l'analyse chimique du sol doit nous guider dans ces recherches.

On prétend que l'analyse du sol par la plante doit s'appuyer sur la notion de *dominante*, en ce sens que pour rechercher si la potasse fait défaut dans un sol il faudra cultiver une plante *à potasse*, etc. C'est une erreur en ce sens que l'analyse du sol par la plante n'a de valeur que pour la plante mise en expérience et que nous ne connaissons que fort peu de chose sur l'assimilation des divers éléments par les diverses plantes. Les plantes *à potasse* ne peuvent-elles pas absorber et assimiler la potasse inabsorbable par d'autres plantes ?

Ajoutons encore que la notion de *dominante* est mal définie et que, à l'exemple de Wolf, dans son travail sur *les engrais*, ce terme ne peut plus être employé. En effet

*a*) La dominante n'est pas l'élément que la plante renferme en plus grande proportion (azote pour les légumineuses), ni l'élément que les plantes tirent en plus grande proportion du sol (accord des auteurs).

*b*) Serait-ce l'élément que la plante réclame le plus impérieusement ? Mais elle réclame impérieusement tous les éléments et si l'un fait défaut, la terre est stérile.

*c*) Serait-ce l'élément dont l'abondance dans le sol détermine un développement luxuriant de la plante, qui affecte le plus le rendement ? « l'élément de restitution qui joue le principal rôle dans la nutrition et l'élaboration du végétal » ? (Proost, *Chimie agricole*, p. 118) ; alors la paille de l'avoine a l'Azote comme dominante et la graine l'acide phosphorique. M. Ville donne l'Azote comme dominante de la betterave ; M. Proost dit à juste titre qu'il est dangereux d'isoler systématiquement pour toutes les plantes la

fonction d'un élément » et il opine pour l'acide phosphorique.

Les deux savants agronomes peuvent tous deux avoir raison ; M. George Ville considère toute la plante, M. Proost a surtout en vue l'élaboration du sucre où l'acide phosphorique joue un rôle principal. Dans ce sens, chaque organe de la plante peut avoir sa *dominante* spéciale ; comme il y en aurait une pour chaque fonction du végétal. De plus, si *l'Azote* ou *l'acide phosphorique* est la *dominante* de la betterave, n'est-ce pas parce que la potasse qui est absorbée en proportions plus considérables, est plus abondamment répandue dans le sol que les deux autres éléments de restitution, ou que ces plantes ont la propriété de l'absorber facilement. Vu les quantités de potasse que les betteraves utilisent normalement, il est peu probable que ce soit une consommation de luxe et non pas un besoin réel.

En dehors du cas que nous avons donné plus haut, c'est-à-dire, du cas de manque d'équilibre entre les différents éléments nutritifs, il nous est impossible d'admettre une notable consommation de luxe dans les végétaux. On opposera peut-être la quantité de nitrates accumulée dans les betteraves ; mais on oublie, dans ce cas, que la betterave emmagasine non seulement du sucre, mais encore de l'azote, pour le rapide développement ultérieur de sa tige.

*d*) La *dominante* pourrait être l'élément que la plante absorbe le plus difficilement, qui doit être dans le sol dans un état très facilement assimilable ; mais il se pourrait alors que ce ne fût plus une *dominante :* ce terme exige que l'élément joue un rôle prépondérant soit quantitativement soit fonctionnellement.

La dominante, en somme, est mal définie et à moins de convenir d'une définition claire et précise, ce terme doit disparaître. Il ne sert qu'à accréditer des erreurs manifestes.

## VIII.

### Nécessité de l'analyse chimique du sol.

Pour interpréter les résultats de l'analyse du sol par la plante, pour en déduire des conclusions applicables à la culture, il faut connaître la composition chimique du sol, même posséder des notions sur sa nature minéralogique etc. En effet : 1) Supposons un sol décélé riche en azote par l'analyse chimique, décélé pauvre en ce même élément par l'analyse par la plante. L'expérimentateur ne doit nullement en conclure à la restitution de l'azote, mais il doit rechercher pourquoi la nitrification n'a pas lieu et chercher à la produire.

2) Supposons un sol décédé pauvre en acide phosphorique par l'analyse chimique, (comme le sable tongrien n'en contenant que 504 kilogr. par hectare), mais que l'analyse par la plante révèle comme riche en ce même élément par suite de la grande assimilabilité du peu d'acide phosphorique qu'il contient (1) : il serait irrationnel de conseiller une fumure sans acide phosphorique, car on arriverait bientôt à un épuisement total, ou dès l'année suivante, le manque de cet élément se décélerait par la végétation.

3) Supposons un sol riche en acide phosphorique, et contenant encore une grande quantité de matières noires de Grandeau, l'analyse du sol par la plante accusera un manque

(1) Dans nos cultures en pots, l'addition d'acide phosphorique à ce sol a été sans effet.

réel d'acide phosphorique absorbable, mais, comme conclusion pratique, il y a lieu d'étudier la mise en circulation de l'acide phosphorique du sol, par la transformation de l'humus noir.

4° Supposons un sol riche en potasse sous forme d'orthose, ou sous forme de glauconie plus altérable, la conclusion pratique de l'expérimentateur variera suivant ces deux cas.

Avec quelques restrictions, nous pourrions dire avec Risler (1) :

« Rien de plus utile, il est vrai, que ces champs d'expériences où l'on fait en quelque sorte l'analyse du sol par les plantes et les engrais, mais il faut choisir avec soin leur emplacement et savoir pour quelles terres leurs réponses seront valables ; il faut avoir d'avance quelques indications sur les matières qui y manquent et par conséquent sur les engrais qu'il y a lieu d'y essayer. Souvent leurs résultats restent douteux ; les saisons, toutes sortes de circonstances, les oiseaux, etc..... viennent fausser ces résultats et il faut les répéter plusieurs années de suite avant de savoir nettement ce qu'ils signifient. Or, la connaissance chimique des terres peut nous aider à les diriger et à les interpréter ; elle cherche à nous dire d'*avance* ce dont la terre *aura besoin*, tandis que les champs d'expériences ne peuvent dans tous les cas, nous dire *qu'après* ce dont la terre *avait besoin*. Il n'y a aucune raison pour que les champs d'expériences rendent l'analyse chimique superflue ; il n'y en a pas davantage pour que l'analyse chimique des sols supprime les champs d'expériences : ils peuvent et ils doivent s'entr'aider mutuellement. »

(1) Risler et Coulomb-Pradel. *L'analyse des terres*, p. 3, Nancy 1887.

Nous admettons qu'on ne peut, en général, tirer de conclusion certaine d'une *expérience isolée*, faite en pleine terre. *A fortiori*, nous croyons qu'il est impossible de déterminer mathématiquement (1) les quantités d'engrais à restituer.

## IX.

### L'ANALYSE DU SOL PAR LA PLANTE NE PEUT SE FAIRE EN PLEINE TERRE, MAIS EN POTS.

Il est impossible, croyons-nous, de réaliser en pleine terre toutes les conditions rigoureusement indispensables à une analyse du sol par la plante : car

La composition du sol, même sur une faible superficie, n'est pas rigoureusement identique. On n'est jamais certain d'avoir un sol bien homogène.

La répartition uniforme en surface des engrais est presque impossible ; leur diffusion variera d'un endroit à l'autre.

Suivant les différences dans la perméabilité du sol et du sous-sol la pénétration des racines sera plus ou moins grande.

La distribution de l'eau sera rarement toute uniforme.

Les conditions de lumière, de chaleur varient d'une parcelle à l'autre, suivant l'exposition.

Les engrais ne seront pas incorporés uniformément dans la couche arable.

Les récoltes souffriront plus ou moins de conditions climatériques défavorables, excès d'humidité, sécheresse ; elles peuvent être compromises. Il y a lieu de se placer

(1) Voir Proost, *Chimie agricole* p. 120. — O. Bolle, Over de proefvelden en hun nut voor den Landbouw. — D'Otreppe de Bouvette, L'analyse du sol par la plante, p. 11.

dans des conditions telles que la réussite des expériences soit garantie.

Il est impossible d'obtenir approximativement le même nombre de pieds.

Il est presque impossible d'employer des engrais simples, chimiquement purs : en tout cas, les frais seraient très élevés.

Enfin, il sera bien difficile de préserver les cultures des animaux parasites et autres, dont l'intervention fausse si souvent les résultats obtenus en pleine terre.

On ne peut donc réaliser toutes les conditions requises pour arriver à des résultats bien précis. L'expérimentateur doit cependant s'entourer de beaucoup de précaution et ne jamais se contenter d'un « *à peu près* ».

## X.

## Méthode.

On doit choisir une terre d'une assise géologique bien déterminée, afin que les expériences nécessairement longues et coûteuses puissent s'appliquer à une notable étendue de terre. La géologie doit guider l'agronome dans ses recherches : chaque couche géologique a sensiblement la même composition chimique et physique, du moins sur une certaine étendue, à moins d'un apport considérable de composts ou d'une longue culture spoliatrice, la culture ne changera pas sensiblement la *composition* d'un sol, bien qu'elle puisse changer radicalement sa *fertilité ;* cette fertilité est une fertilité passagère, qui ne modifie guère la composition originaire du sol ; elle cessera rapidement quand les soins extraordinaires cessent. La composition originaire

du sol peut changer notablement pour deux éléments surtout : pour *l'azote* introduit par la culture des légumineuses et surtout par la culture herbagère, pour la *chaux* par les chaulages et les marnages répétés.

Nous croyons pouvoir dire que pour connaître la valeur d'une terre, pour arriver à des résultats concluants et assez généraux, il faudrait expérimenter sur un *sol vierge*. Un exemple justifiera cette assertion :

Supposons que la suppression de la potasse n'a pas influencé la végétation dans un sol vierge : *a*) l'analyse chimique montre que ce sol contient beaucoup de potasse, dans ce cas, on pourra sagement puiser à la réserve du sol ; *b*) l'analyse chimique montre que ce sol ne contient pas une grande réserve de cet élément, bien qu'il en fournisse actuellement une quantité suffisante pour une végétation normale ; dans ce cas, pour éviter l'épuisement du sol on devra restituer au moins une partie de ce que l'on enlève par la culture.

Supposons que le cas se présente pour une terre cultivée : *a*) si l'analyse chimique indique une proportion élevée de potasse, on ne saurait discerner si c'est la potasse du sol ou celle apportée par l'engrais qui influe sur la récolte et comme en agriculture, il s'agit avant tout de réussir, il faudrait devant ce doute, se résigner peut-être, à employer de la potasse ; *b*) si le sol en est peu pourvu, on rentre dans le cas d'un sol vierge.

Ainsi l'expérimentation sur un sol cultivé ne permet pas d'arriver à la résolution de la question, à la fois scientifique et économique, de la suppression d'un élément fertilisant dans une région agricole donnée.

Quand un sol vierge est connu, on n'hésitera guère d'appliquer à ce sol cultivé les déductions déduites de cul-

tures faites dans le premier. Au point de vue de la science agricole, il faut que nous connaissions les *sols* et non pas tel ou tel champ : dans les cas particuliers, un essai préliminaire, l'examen de la végétation, l'analyse du sol, une investigation sur le système de culture adopté détermineront dans bien des cas ce qu'il y a lieu de faire.

Aux cultivateurs il appartient de faire des expériences *isolées*, parce qu'elles ne doivent servir que pour sa pratique personnelle ; il appartient aux agronomes de faire des expériences méthodiques et scientifiques sur les divers sols ? A quoi servirait une carte agricole, si elle ne renseigne pas sur la valeur des terrains qu'elle indique ? elle ne sera utile que pour autant qu'elle renseignera le cultivateur sur la fertilité des terres qu'il exploite, même sur la nature des engrais complémentaires à ajouter au fumier d'étable.

Les terres mises en expérience, doivent être mélangées intimement, afin qu'il n'y ait pas de différence entre les sols des diverses cultures.

Les pots doivent avoir les mêmes dimensions et chacun doit contenir exactement la même quantité de terre.

Les engrais doivent être à action simple ; il faut prescrire les engrais à effet multiple et ceux qui par leur acidité ou leur alcalénéité pourraient être nuisibles : l'emploi des carbonates nous semble toujours la forme la plus rationnelle par la potasse, la chaux, la magnésie. Il faut prescrire les formes que nous savons être nuisibles à telle ou telle plante : l'azote ammoniacal est nuisible au développement de certaines plantes ; le chlore est dans le même cas.

Les doses d'engrais doivent être pesées aussi exactement que possible, à un milligramme près : c'est surtout ici que l'*à peu près* serait funeste.

Chaque culture devrait être faite en double. Durant les expériences, il faut observer soigneusement les phases de la végétation, la coloration des feuilles, l'apparition des fleurs, l'état du ciel et la température à la floraison, l'époque de la maturation, etc. Inutile de répéter que les cultures doivent recevoir la même quantité de radiations et qu'il faut conserver le même nombre de pieds.

Faut-il donner la même quantité d'eau ? Suivant la puissance de la végétation, l'évaporation sera plus active. Dans certaines stations expérimentales en Allemagne, on ajoute des quantités d'eau suivant les besoins de la végétation, mais :

*a*) la désagrégation sera différente suivant la quantité d'eau ajoutée.

*b*) l'Oxygène, l'azote, l'acide carbonique dissouts dans l'eau ont aussi une certaine action sur la végétation. Il est préférable, croyons-nous, d'ajouter, autant que faire se peut, la même quantité d'eau, en sorte qu'aucune culture ne souffre ni d'excès ni de manque d'eau. Quand la puissance de végétation est très différente, il est difficile, même parfois impossible de trouver ce juste milieu.

Plusieurs agronomes croient qu'il est préférable de faire remonter l'eau du fond du vase vers la partie supérieure, par capillarité, pour distribuer plus uniformément l'eau dans toute la masse et éviter d'entraîner les engrais au fond. Cependant en versant l'eau par le haut on chasse toujours à travers la couche de terre une certaine quantité d'air, ce qui favorise l'aération.

Nous avons l'habitude de verser l'eau partiellement par le haut, puis une certaine quantité dans la sous-coupe.

Nous ne décrivons pas ici les installations qui pourraient être établies dans une station expérimentale pour des expériences nombreuses.

Nous sommes convaincus qu'en suivant les prescriptions données, un cultivateur pourrait établir lui-même ces cultures et arriver à des résultats concluants.

Dans aucun cas on ne pourra faire usage d'eau de puits, ou d'eau courante, qui contiennent toujours des éléments minéraux : il faut faire usage d'eau distillée ou d'une eau de pluie bien filtrée : l'eau de pluie contient très peu d'éléments nutritifs, surtout si l'on tient compte de la quantité d'eau employée, toujours assez faible.

Cependant il y a lieu de tenir compte, dans ce cas, de la quantité d'acide sulfurique et de chlore contenue dans l'eau pluviale.

Les cultures suivantes seront faites :

1° Engrais complet.
2° id. sans azote.
3° id. sans acide phosphorique.
4° id. sans potasse.
5° id. sans chaux.
6° id. sans magnésie.
7° id. sans acide sulfurique.
8° id. sans fer.
9° Aucun engrais.

Dans un sol riche en éléments minéraux, tel que le limon hesbayen, on peut ajouter les 4 cultures suivantes :

1° Engrais complet sans potasse et sans chaux.
2° id. sans potasse et sans magnésie.
3° id. sans chaux et sans magnésie.
4° id. sans potasse, sans chaux et sans magnésie.

Dans une autre culture, on peut rechercher l'effet du sel de cuisine sur la végétation.

Parfois il y a lieu de rechercher si un ou deux éléments

manque ; dans ce cas, les cultures ne seront pas si nombreuses ; mais on doit s'entourer des mêmes précautions.

Dans des sols calcaires, ferrugineux, magnésiens, etc., on peut se dispenser de faire la culture sans chaux, sans fer ou sans magnésie.

Cependant, il ne faut pas se hâter d'abandonner telle ou telle culture. En effet, ces cultures peuvent donner des indications très précises sur la fertilité du sol, l'assimilabilité de ces éléments, ils peuvent montrer la nocuité d'un élément ajouté, etc.

Il est très difficile d'établir les doses d'engrais à appliquer aux cultures. Les expériences faites au jardin botanique de Louvain ont montré clairement que si des doses faibles sont très utiles, des doses trop élevées sont souvent fort nuisibles.

Pour déterminer les quantités d'engrais à appliquer, on peut prendre comme bases :

*a*) La surface de la culture.

*b*) Le poids de la terre sur laquelle on expérimente.

*c*) Les besoins de la récolte que l'on suppose obtenir (tiges et racines).

*d*) Enfin la nature même du sol sur lequel on expérimente.

## 2e PARTIE.

---

## Les essais d'engrais.

Quand l'analyse du sol a été faite par la plante et a décélé, par exemple, le défaut d'un élément, le cultivateur doit faire ou fait un essai d'engrais.

Très souvent d'ailleurs, on fait des essais d'engrais sans l'analyse du sol par la plante.

Supposons que le cultivateur ait trouvé ou soupçonne le manque d'acide phosphorique dans un sol : il fera des essais avec des superphosphates, des phosphates précipités, les phosphates basiques, les phosphates minéraux ; il comparera leurs effets sur la végétation, leur prix, la quantité d'acide phosphorique introduite dans le sol et il pourra constater quelle est la forme la plus avantageuse, quelles quantités doivent être appliquées.

Un point essentiel à noter est qu'il ne faut pas seulement tenir compte de l'effet des divers engrais sur la végétation, mais encore de la quantité d'éléments nutritifs qu'ils laissent dans le sol, de la durée d'action de l'engrais.

Cet essai d'engrais se fait parfois avec plusieurs engrais qu'on élimine successivement :

Nitrate de soude.
Phosphate.
Sel de potasse.
Chaux.
Magnésie, etc.

Mais comme ces produits ne sont jamais chimiquement purs, que leur action est souvent multiple, qu'ils ont encore des actions indirectes, le cultivateur pourra seulement constater qu'il est avantageux d'employer tel ou tel engrais ; il peut même, avec une *certaine probabilité*, conclure que tel ou tel élément fait défaut ; mais ces recherches ne sont jamais rigoureuses, par conséquent ne sont pas scientifiques.

Dans des essais de ce genre, il faut bien se garder de changer la formule dans la suite : supposons que le *sulfate de potassium* a été avantageux, il ne faut pas lui substituer plus tard le chlorure : il n'est pas certain que c'est uniquement à la potasse que l'action du sulfate est due.

Que de fois n'est-il pas arrivé que reconnaissant la nécessité de la restitution de la chaux, son addition sous forme de *carbonate* a été sans effet, voire même inutile, quand la chaux vive était très efficace ?

Les *analyses du sol par la plante* auront comme conséquences immédiates de nous renseigner sur les besoins du sol et sur la nature des matières fertilisantes à appliquer ; elles mettront fin à bien de gaspillages d'engrais.

Les prétendues analyses du sol par les plantes faites jusqu'à présent, avons-nous dit, ne sont que des essais d'engrais : les formules de M. Ville, en faisant même abstraction de l'absence de magnésie, le prouvent à l'évidence.

M. Ville emploie :

| | | |
|---|---|---|
| Sulfate d'ammoniaque : | 400 | kilogr. |
| Superphosphate de calcium : | 400 | » |
| Chlorure de potassium : | 200 | » |
| Sulfate de calcium : | 200 | » |

Cette formule invariable ne peut être admise : le sulfate

d'ammoniaque ne convient pas à plusieurs plantes, il est nuisible aux légumineuses.

Dans des sols très légers, le superphosphate ne peut être employé avantageusement ; des pluies abondantes, consécutives à l'épandage, l'entraînent dans le sous-sol. Le chlorure de potasse ne convient pas à la culture de toutes les plantes.

Il est certain que, pour les essais d'engrais, il faut varier les formules quantitavivement et qualitativement d'après la nature des plantes cultivées et d'après la nature du sol.

Aucun de ces engrais n'est un engrais simple, à action unique :

Le premier peut agir par l'azote,
par l'acide sulfurique,
par son action indirecte.

Le second peut agir par l'acide phosphorique,
par la chaux,
par l'acide sulfurique,
par son action indirecte.

Le troisième contient toujours 10 à 20 % de chlorure de sodium ; il peut agir par la potasse,
— le chlore,
— la soude,
— son action indirecte, notamment sur l'humus, etc.

Dans les *essais d'engrais*, il faut tenir compte également de la question économique, puisque plus tard, il faudra employer les engrais qui se sont montrés actifs. De préférence, on aura recours aux engrais à action complexe, surtout quand certains éléments considérés comme accessoires ne se paient pas, comme dans les phosphates basiques et la kaïnite.

Nous recommandons pour les sols sablonneux de la Campine :

par hectare : 150 à 300 kilogr. nitrate de soude ;
800 kilogr. de phosphate basique à 16 p. %;
500 » kaïnite ;
200 » de plâtre.

Pour les prairies et les légumineuses, le nitrate de soude est abandonné complètement ou employé seulement à une dose de 50 à 100 kilogr. par hectare.

Pour faire de bons *essais d'engrais* on doit prendre en considération les points suivants :

1° On doit opérer sur un sol homogène, c'est-à-dire ayant partout une même épaisseur de couche arable et un sous-sol identique. Dans le but d'éviter autant que possible les causes d'erreurs provenant de la non homogénéité du sol on disposera les parcelles en longues bandes étroites ou bien l'essai se fera sur des parcelles de faible superficie. Le terrain devra en tout cas présenter le moins de pente que possible. Dans les terrains en pente, les parcelles seront disposées dans le sens de la pente.

2° On doit multiplier les parcelles témoins.

3° L'engrais devra être employé le plus rationnellement possible ; l'épandage se fera très uniformement en *surface* et en *profondeur*, dans ce but on sèmera en long et en large ; on hersera immédiatement après et on enterrera l'engrais par un labour. L'épandage des engrais minéraux se fera le plus tôt possible et avant l'hiver.

4° On cultivera des espèces et variétés de plantes à grands rendements.

« Pour être concluants, dit Wolff, ces essais doivent

être poursuivis de la même façon pendant trois à six ans, en renouvelant l'application des engrais aux mêmes doses sur les mêmes parcelles et en variant seulement les plantes cultivées comme l'exige la rotation admise. » (1)

Le lecteur trouvera, dans le remarquable traité de M. Wolff, sur les *engrais*, toutes les indications nécessaires pour l'établissement de ces essais d'engrais.

FIN.

(1) WOLFF, *Les engrais*, p. 201.

J. Joh. Verwey
Zorgvlied / Holland

# II

## LES ENGRAIS MAGNÉSIENS

# INTRODUCTION.

Parmi les éléments fertilisants dont les plantes ont besoin, et dont le rôle est très peu connu, nous pouvons citer la *chaux*, la *potasse* et la *magnésie*.

Ces éléments fertilisants peuvent-ils se remplacer mutuellement comme on l'a affirmé et dans quelle mesure le peuvent-ils ? Pour pouvoir répondre d'une façon complète à cette question on devrait connaître le rôle exact de chacun de ces éléments. Or à ce point de vue nous ne possédons pas de connaissances positives. Chacun de ces éléments remplit dans l'économie de la plante une fonction importante, mais inconnue. (1) Tout ce qu'on a affirmé à cet égard n'a qu'une valeur hypothétique et nous croyons inutile de le reproduire ici.

Cependant outre leur fonction principale et spécifique ces trois bases remplissent une ou plusieurs fonctions communes et accessoires, notamment dans la saturation des acides qui se produisent constamment en quantité plus ou moins considérable dans les tissus des plantes en pleine végétation. A *priori*, on peut affirmer que, pour cette fonction, les éléments peuvent se remplacer mutuellement en proportion sinon indéfinie du moins en proportion considérable.

Dans un travail précédent (2) nous avons insisté à diverses reprises sur le fait que, si ces divers éléments ne peuvent se remplacer totalement, ils le peuvent cependant partiel-

(1) Sachs, *op. cit.* p. 272.

(2) Vanderyst et Smets. *Les multiples avantages de l'emploi de la kaïnite*, 1889, Louvain Peeters-Ruelens.

lement. La *soude*, la lithine, les alcaloïdes, etc. peuvent aussi jouer ce rôle, quoique n'étant pas des éléments essentiels, ou nécessaires au développement des plantes.

Nous avons montré (1) comment l'addition de potasse, faite simultanément avec celle de chaux, de fer, de soude et de magnésie amenait, malgré une augmentation de récolte, une diminution dans la quantité de potasse absorbée.

De ce fait important, nous pouvons tirer cette conclusion importante, au point de vue pratique et économique, que par l'emploi d'engrais calcaires et magnésiens on peut *économiser de la potasse* qui est, relativement aux deux premiers, un engrais très cher.

Si nous n'avions pas d'autres considérations à faire valoir, celle-ci suffirait amplement pour justifier l'importance que nous accordons à l'emploi des engrais magnésiens.

Mais il y en a encore d'autres qui rendent l'étude de cette question absolument indispensable : on croit trop généralement que les sols arables sont richement pourvus de magnésie et qu'il n'y a pas lieu de se préoccuper de la restitution de cet élément fertilisant. La théorie des quatre termes d'un engrais complet doit disparaître. Non seulement *l'azote*, *l'acide phosphorique*, la *potasse*, la *chaux* peuvent manquer dans nos terres cultivées, mais encore la *magnésie*, le *fer* et même *l'acide sulfurique*.

Dans sa cinquième conférence de Vincenne, M. G. Ville dit (p. 257) : « En bornant au phosphate de chaux, à la potasse et à une matière azotée la composition de l'engrais complet, je n'entends pas nier l'utilité d'autres produits

(1) Ibid. p. 47.

que l'analyse nous découvre dans les végétaux, je les supprime, parce que la terre en est déjà pourvue. »

Des expériences de M. Vilmorin, les nôtres ont montré que la *magnésie* peut faire défaut en certains sols ; M. Marguerite-Delacharlonny, M. Griffiths ont montré que l'addition de sulfate de fer augmentait parfois notablement la récolte ; l'acide sulfurique est très favorable aux légumineuses.

Par conséquent l'absence de ces éléments dans les engrais peut empêcher l'obtention de *récoltes maxima ;* les engrais *complets* (1) devraient les contenir, d'autant plus que la question économique peut généralement être négligée, attendu que ces éléments s'obtiennent à très bas prix.

Pourquoi l'emploi des engrais chimiques, composés d'après l'ancienne théorie de M. George Ville, n'avait-il pu se généraliser dans certaines contrées, comme la Campine et certaines parties de la Hesbaye ?

Nous n'hésitons pas à affirmer que, en grande partie, on doit en attribuer la cause au fait que ces *prétendus engrais complets sont, en réalité, incomplets pour plusieurs de ces sols.*

Depuis que nous avons vulgarisé l'emploi des matières premières à action complexe (scories phosphatées et *kaïnite*) l'emploi de ces engrais s'est généralisé et s'étend de jour en jour, parce que ces engrais, à part l'azote, contiennent tous les éléments indispensables aux plantes : on obtient partout d'excellents résultats, non seulement au point de vue cultural, mais encore au point de vue économique.

(1) Il est bien entendu, que dans la pratique, les engrais complets ne sont presque jamais nécessaires. La fabrication des engrais complets est une industrie destinée à disparaître, avec la diffusion de la science agricole. Il n'est pas croyable que des *conférenciers agricoles* les préconisent encore.

Evidemment l'emploi de ces engrais est loin d'être le dernier mot de la pratique agricole : quand nous connaîtrons mieux le sol, les conditions d'assimilabilité des éléments y contenus, les besoins spécifiques des plantes, les formules d'engrais seront, peut être, modifiés avantageusement au point de vue économique.

La potasse notamment est si répandue dans tous les sols que nous avons pu écrire : « On peut bien se demander, si dans un avenir plus ou moins lointain, cet élément ne disparaîtra pas de nos formules d'engrais, du moins pour la plupart de nos sols. »

Des expériences rigoureuses, scientifiques, faites dans des conditions bien déterminées et plusieurs fois répétées, pourront seules résoudre ce problème important d'économie agricole.

---

## Rôle de la magnésie dans les plantes.

Le rôle spécifique de la magnésie dans les plantes est inconnu ; elle est nécessaire pour l'assimilation ; en l'absence de magnésie, il ne se forme pas de substances organiques nouvelles ; on sait seulement que les grains contiennent surtout la magnésie, (1) tandis que la chaux est surtout retenue dans les feuilles et les tiges.

*A priori* déjà, on peut dire que la magnésie doit favoriser le développement et le perfectionnement des graines.

Voici d'après les belles tables de Wolf la composition par °/₀₀ de quelques plantes, en potasse, soude, chaux et magnésie.

| | POTASSE | SOUDE | CHAUX | MAGNÉSIE |
|---|---|---|---|---|
| Foin de qualité supérieure. | 27.2 | 0.8 | 7.2 | 5.9 |
| Foin de trèfle en fleurs. | 18.6 | 1.1 | 20.1 | 6.3 |
| Foin de sarrasin en fleurs. | 21.4 | 1.6 | 27.9 | 9.2 |
| Pommes de terre. | 5.8 | 0.3 | 0.3 | 0.5 |
| Froment { grain | 5.2 | 0.3 | 0.5 | 2.0 |
| Froment { paille | 6.3 | 0.6 | 2.7 | 1.1 |

(1) Les grains d'*aleuróne* des graines contiennent un *globoïde* composé de phosphate double de chaux et de magnésie ; toujours on y trouve un sel de magnésium (Sachs, op. cit. p. 331.)

| | | POTASSE | SOUDE | CHAUX | MAGNÉSIE |
|---|---|---|---|---|---|
| Seigle | grain | 5.8 | 0.3 | 0.5 | 2.0 |
| | paille | 8.6 | 0.7 | 3.1 | 1.2 |
| Avoine | grain | 4.8 | 0.4 | 1.0 | 1.9 |
| | paille | 16.3 | 2.0 | 4.3 | 2.3 |
| Orge | grain | 4.7 | 0.5 | 0.6 | 2.0 |
| | paille | 10.7 | 1.6 | 3.3 | 1.2 |
| Lupin | grain | 11.4 | 0.3 | 2.8 | 4.5 |
| | paille | 17.7 | 1.3 | 2.7 | 3.4 |
| Sarrasin | grain | 2.7 | 0.7 | 0.5 | 1.5 |
| | paille | 24.2 | 1.1 | 9.5 | 1.9 |
| Pois | grain | 10.1 | 0.2 | 1.1 | 1.9 |
| | paille | 9.9 | 1.8 | 15.9 | 3.5 |

Les besoins des plantes, en magnésie, ne sont pas aussi élevés que pour la potasse, parfois cependant plus élevés que pour la chaux.

## Nécessité de la restitution de la magnésie.

A notre connaissance, les agronomes ne se sont pas encore occupés des engrais magnésiens proprement dits. Nous avons résumé (1) ailleurs la plupart des opinions des

(1) VANDERYST ET SMETS. *Les multiples avantages*, etc., p. 35.

auteurs sur cette question. Plusieurs savants, sans toutefois, paraît-il, y attacher grande importance, ont recommandé l'emploi des engrais potassiques, riches en magnésie, telle que la kaïnite, mais à l'exemple de George Ville, ils semblent tous admettre que tout sol contient assez de cet élément ou que tout sol pauvre en magnésie est nécessairement pauvre en potasse, ce qui est une grave erreur.

On conseille même aux cultivateurs de ne point s'occuper de cet élément, sous prétexte qu'il accompagne toujours la chaux et les sels de potasse.

Cependant il est évident que l'emploi d'un engrais double de potasse et de magnésie dans un sol où seulement ce dernier élément fertilisant fait défaut est irrationnel et anti économique, puisque avec un engrais exclusivement magnésien on obtiendrait absolument le même effet.

Il n'est pas douteux que, si on entreprenait des expériences comparatives et rigoureuses, on parviendrait à démontrer, comme nous l'avons fait pour divers sols, que dans bien des cas, il est plus nécessaire de restituer la magnésie que de la potasse.

Les sels de magnésium sont généralement plus insolubles que les sels alcalins, les humates magnésiens sont insolubles dans l'eau ; enfin la plupart des sols contiennent beaucoup plus de potasse que de magnésie : Aussi n'est-il pas étonnant que la magnésie puisse faire défaut.

## Richesse en magnésie et en potasse de quelques sols du Limbourg.

| SOL | MAGNÉSIE | | POTASSE | | OBSERVATION |
|---|---|---|---|---|---|
| | SOLUB. HCl | INSOL. HCl | SOLUB. HCl | INSOL. HCl | |
| Sable campinien | 0 33 | 12.91 | 0.22 | 20.26 | Sol de bruyère |
| » diestien | 0.18 | 8.03 | 0.51 | 25.37 | Sol de bruyère |
| » tongrien | 0.12 | 13.49 | 0.14 | 20.11 | Sable blanc |
| Limon hesbayen | 0.48 | 10.08 | 0.75 | 31.75 | Sol vierge |
| id. | 1.28 | 2.63 | 0.58 | 29.09 | Sol cultivé |
| Alluvion Freeren | 2.25 | 12.28 | 0.57 | 18.66 | Prairie |
| Sable Lummen | 0.75 | 4.12 | 0.28 | 16.96 | Pâturage |
| Sable marécageux de Tongres | 6.93 | 1.02 | 0.61 | 20.26 | Prairie |
| Limon Gothem | 1.60 | 16.40 | 0.72 | 43.17 | Pâturage de création récente |
| Alluvion de Nederheim | 2.57 | 22.09 | 0.48 | 16.46 | Prairie |

La quantité de magnésie du sol est donc toujours inférieure à celle de la potasse ; le sol en contient-il une quantité suffisante ? l'expérience directe peut seule nous renseigner.

Durant les années 1888 et 1889, nous avons fait plusieurs analyses du sol par la plante, en employant constamment des engrais chimiquement purs ; pour ce qui regarde le limon hesbayen, nous renvoyons à notre travail : « *Recherches expérimentales sur le limon hesbayen.* » (1)

Dans le sable campinien, nous avons obtenu les résultats suivants :

AVOINE.

| | | POIDS TOTAL PAILLE + GRAIN | OBSERVATION |
|---|---|---|---|
| Cultures de 1888 | Engrais complet | 31 | Nous n'avons pas pesé séparément les grains et la paille. |
| | Le même, sans magnésie | 23.5 | |

La balance et l'examen de la végétation ont montré manifestement le manque de magnésie.

ORGE.

| | | PAILLE + GRAIN | GRAIN |
|---|---|---|---|
| Cultures de 1889 | Engrais complet | 18 | 7,5 |
| | Le même, sans magnésie | 12.5 | 3 |

L'absence de magnésie a surtout été sensible par les grains diminuant de 7.5 à 3 ; la paille au contraire a diminué de 10.5 à 9.5.

(1) Tongres, 1889, imprimerie Collée.

## Pois.

| | | | GRAIN |
|---|---|---|---|
| Cultures de 1889 | Engrais complet | 10 gr. | 26 grains |
| | Le même, sans magnésie | 4 gr. | 9 grains mal conformés |

Dès le début de la végétation, le manque de magnésie a été accusé par une végétation éminemment chétive ; le fait est d'autant plus intéressant que les pois ne contiennent qu'une faible quantité de cet élément.

## Sarrasin.

| | | PAILLE + GRAINS | GRAINS |
|---|---|---|---|
| Cultures de 1889 | Engrais complet | 31 | 10 |
| | Le même, sans magnésie | 14 | 4 |

Le sarrasin se prête admirablement aux recherches scientifiques ; cette plante est très sensible à la suppression comme à l'addition des engrais. L'absence de magnésie a été aussi pernicieuse au développement de la paille qu'à celle des grains. Cet élément jouerait-il aussi un rôle dans la partie herbacée avant d'émigrer dans la graine ?

En somme, l'analyse du sol par la plante démontre à l'évidence que le sable vierge de Campine est pauvre en magnésie et que la restitution de cet élément s'y impose beaucoup plus que celle de la potasse.

Dans les prairies, par suite de la formation d'humates magnésiens insolubles, et par suite de la formation constante d'acides humiques, l'emploi de cet élément peut s'imposer.

### SABLES DIESTIENS.

Dans les sables diestiens, l'avoine cultivée en 1888 n'avait guère montré le manque de magnésie ; l'orge plus sensible à l'effet des engrais nous a donné en 1889 les résultats suivants :

| | PAILLE + GRAIN | GRAINS |
|---|---|---|
| Engrais complet | 17 | 9 |
| Id. sans magnésie | 16 | 5 1/2 |

La quantité de grain a donc notablement augmenté par l'addition de magnésie.

Si nous ajoutons à ces résultats ceux obtenus dans le limon hesbayen, nous pouvons dire que dans trois sols, très répandus dans notre pays, l'emploi de magnésie peut être très utile, même indispensable.

### LE MAGNÉSIUM.

Le magnésium entre dans la composition d'un grand nombre d'espèces minérales : l'écume de mer, la dolomie, la carnallite, le sulfate de magnésie, l'asbeste, l'olivine, le talc, etc. C'est un métal blanc, avec un éclat métallique analogue à celui de l'argent, fusible, volatile, malléable, ductile ; il est inaltérable à l'air sec ; dans l'air humide, il s'oxyde. Il est *biatomique* comme les métaux alcalino-terreux, mais il est loin d'être aussi *positif*.

Dans l'air, il brûle avec une flamme très éclatante,

possédant un pouvoir éclairant et une action photochimique considérable.

« En raison de la vive lumière qu'il émet en brûlant et « de la blancheur de cette lumière qui peut, dans une cer- « taine mesure, remplacer celle du soleil pour la produc- « tion des épreuves photographiques, on a construit des « lampes à réflecteur au foyer desquelles se déroule un « fil ou ruban de magnésium. En enflammant l'extrémité « du fil qui avance à mesure qu'il brûle, on peut éclairer, « avec assez de suite pour la prise d'une épreuve, des « cavités dans lesquelles il est impossible de faire pénétrer « le jour.

« Cette application est rendue plus facile par la richesse « de la lumière du magnésium, en rayons chimiques ; elle « en contient cinq fois plus que celle du soleil. Un fil de « $0^{mm},297$ de diamètre développe autant de lumière que « 74 bougies stéariques de 5 à la livre. (1) »

## LA MAGNÉSIE.

La magnésie, encore appelée *terre amère* et terre *talqueuse*, est l'oxyde de magnésium. On la trouve comme telle dans la nature à l'*état amorphe* sous forme de poudre blanche, pulvérulente et à l'*état cristallin* sous forme d'octaèdre régulier. Elle est peu soluble dans l'eau et offre comme la chaux ce phénomène remarquable d'être moins soluble à chaud qu'à froid. A l'air libre, elle absorbe de l'acide carbonique et se transforme en carbonate de magnésie.

La magnésie peut se combiner avec l'eau pour former un hydroxyde « qui cristallise en petites lames nacrées. On la

(1) SCHUTZENBERGER : *Traité de chimie générale.* Paris 1884, p. 571.

ncontre dans cet état, dans le règne minéral, sous forme e brucite (1). » Elle a une réaction faiblement alcaline.

La magnésie est un élément fertilisant indispensable aux lantes cultivées ; elle est assimilable sous forme d'oxyde uel que soit le sel dans lequel elle se trouve à l'état de ombinaison ; elle l'est aussi sous forme de chlorure.

Dans la nature on trouve le magnésium surtout sous orme de

1° *Chlorure* : $MgCl_2$ — carnallite ou chlorure double de potasse et de magnésium. Sous forme de chlorure « il existe dans les eaux de la mer, qui pourraient ainsi devenir une source inépuisable du magnésium » (2). Kaïnite ($MgSO_4 + K_2SO_4 + MgCl_2$).

2° *Carbonate* : *Giobertite* $MgCO_3$ *Dolomie* $MgCa(CO_3)_2$.

3° *Silicate* : Talc, $H_2Mg_3Si_4O_{12}$ ; Sépiolite ou écume de mer, $H_4Mg_2Si_3O_{12}$ ; etc.

4° *Sulfate* : Sulfate de magnésie $MgSO_4$ dans la Kaïnite, ($MgSO_4 + K_2SO_4 + Mgcl_2$) et dans d'autres engrais de Stassfurt.

Presque tous les sels de Stassfurt sont accompagnés d'une quantité plus ou moins grande de sulfate ou de chlorure de magnésium.

L'eau des mers contient toujours une quantité notable de sels de cette base.

D'après les recherches du professeur Roux, de Rochefort, proportion relative de l'eau de mer est constante, mais ur proportion absolue ou le degré de salure varie. Les

(1) HENRY : Ouv. cité, p. 160.
(2) HENRY : *Précis de chimie générale*. Louvain, 1872. Tome II, p.151.

mers polaires, pendant peu d'eau par évaporation, en recevant beaucoup sous forme de pluie et de neige, sont moins salées que les mers tropicales. La proportion des sels de ces dernières dépasse 35 p. °/₀₀ et descend souvent au dessous de 30 dans les premières.

Les mers intérieures qui recoivent beaucoup d'eau douce par les fleuves et qui sont peu en communication avec les Océans, peuvent se déssaler, comme la Baltique, dont l'eau ne contient en plusieurs endroits que de 4 à 5 p. °/₀₀ de matières salines.

1000 kilogr. d'eau de l'Océan contiennent :

| | |
|---|---|
| Chlorure de sodium | 25.10 |
| Chlorure de potassium | 0.50 |
| Chlorure de magnésium | 3.50 |
| Sulfate de magnésium | 5.78 |
| Sulfate de calcium | 0.15 |
| Carbonate de magnésium | 0.18 |
| Carbonate de calcium | 0.02 |
| Carbonate de potassium | 0.23 |
| Eau | 964.54 |
| | 1000 |

1000 kilogr. d'eau de la Méditerranée contiennent :

| | |
|---|---|
| Chlorure de sodium | 27.22 |
| Chlorure de potassium | 0.70 |
| Chlorure de magnésium | 6.14 |
| Sulfate de magnésium | 7.02 |
| Sulfate de calcium | 0.15 |
| Carbonate de magnésium | 0.14 |
| Carbonate de calcium | 0.01 |
| Carbonate de potassium | 0.21 |
| Eau | 958.36 |
| | 1000 |

Les eaux-mères des marais salants ont donc une grande valeur fertilisante ; elles pourront fournir, à prix avantageux, la magnésie dont l'agriculture peut avoir éventuellement besoin.

Les combinaisons que le magnésium forme avec les différents corps sont fort nombreuses. Nous ne parlerons que de celles qui peuvent avoir un intérêt au point de vue agricole.

### LE CHLORURE DE MAGNÉSIUM.

C'est un sel très déliquescent qui se rencontre dans la nature en quantité plus ou moins considérable. Grâce à ce sel, la kaïnite jouit de la propriété d'absorber une assez grande quantité d'eau. Il cristallise avec cinq molécules d'eau ($MgCl_2 + 5H_2O$) ; il a une saveur salée amère. Il forme, avec les chlorures alcalins, des chlorures doubles, $MgKCl_3$.

La carnallite, exploitée en grand à Stassfurt, est un chlorure double de potassium et de magnésium ($KCl + MgCl_2 + 6H_2O$).

La *Tachydrite* est un chlorure double de *calcium et de magnésium* : ($CaCl_2 + MgCl_2 + 12H_2O$). On la rencontre également à Stassfurt.

On a longtemps prétendu que le chlorure de magnésium était nuisible aux plantes et, comme conséquence, on condamnait l'emploi de la kaïnite non préalablement calcinée : c'est une erreur. Dans les conditions culturales les plus variées, la kaïnite brute n'a jamais produit un effet nuisible, que l'on puisse attribuer au chlorure de magnésium. Au contraire Wolf a établi que le chlorure de magnésium était plutôt utile que nuisible.

Ce sel n'est pas employé directement en agriculture. On

le rencontre en quantités variables mais toujours minimes dans plusieurs mélanges de Stassfurt. La kaïnite en renferme aussi une quantité importante. A l'état cristallisé, ce dernier sel dose, d'après Reichardt, 16.95 °/₀ de chlorure de magnésium. La kaïnite du commerce en renferme environ 12 °/₀.

### SULFATE DE MAGNÉSIE.

Combiné à une molécule d'eau, le sulfate se rencontre à *Stassfurt* sous le nom de *kiéserite*. La *Schœnite*, appelée parfois *pikromnite*, est un sulfate hydraté de potasse et de magnésie ($K_2SO_4 + MgSO_4 + 6H_2O$).

La *Polyhalite* est un sulfate de potasse, de magnésium et de calcium ($K_2SO_4 + MgSO_4 + 2CaSO_4 + 2H_2O$).

Le sulfate de soude se combine aussi au sulfate de magnésie pour former l'*Astrachanite* ($Na_2SO_4 + MgSO_4 + H_2O$).

Combiné à sept molécules d'eau, le sulfate de magnésie s'appelle vulgairement sel d'Angleterre. Ce dernier se présente sous une double forme cristalline : à l'état d'aiguilles ou à l'état de prismes. Ce sel a un goût désagréable et caractéristique : amère et salée. Ce sulfate est très soluble dans l'eau.

La plupart des mélanges de sels de Stassfurt, qui sont dans le commerce, contiennent du sulfate de magnésie.

Le *sulfate de magnésie* brut de Stassfurt contient

| | |
|---|---|
| Sulfate de potasse | 0 à 5 p. °/₀. |
| Sulfate de magnésie | 60 p. °/₀. |
| Sulfate de soude | quantité variable. |

Le prix de ce mélange est de 2.50 à Stassfurt, c'est-à-dire le prix de la kaïnite.

Le sulfate de magnésie purifié et calciné, contenant environ 80 p. °/₀ de magnésie et coûtant 4.38 les °/₀ kilogr.

ne peut être utilisé que pour des usages industriels : Le prix en est trop élevé.

C'est certainement sous la forme de sulfate, que la magnésie a la plus grande valeur agricole ; sa solubilité lui permet de se diffuser à travers toute la couche arable ; il est directement assimilable ; de plus c'est un double engrais puisqu'il contient en outre de l'acide sulfurique.

Par son action indirecte, il peut encore favoriser la végétation.

A cause de sa grande solubilité, il sera même nécessaire de prendre quelques précautions lors de son emploi : 1°) Il est inutile de l'employer à forte dose ; 100 à 200 kilogr. par hectare nous paraissent être une dose suffisante dans la plupart des cas ; 2°) on peut employer cet engrais avant ou après l'hiver ; néanmoins dans les sols humides et submergés, ainsi que dans les sols, qui n'ont qu'un faible pouvoir absorbant pour l'eau, il est préférable de ne l'employer qu'après l'hiver. Dans ces sols, la diffusion pourrait être trop grande et une notable partie pourrait se perdre dans le sous-sol.

## LES CARBONATES DE MAGNÉSIE.

Il y a plusieurs espèces de carbonates magnésiens : des carbonates neutres, des carbonates acides et des carbonates polymétalliques. Les carbonates acides seuls sont solubles dans l'eau ; les autres sont lentement solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique.

Le carbonate neutre ($MgCO_3$) se rencontre rarement à l'état pur dans la nature. Il porte le nom de *Giobertite*.

Le carbonate acide n'a pas encore pu être isolé : il n'existe qu'à l'état de solution.

Les carbonates neutres sont nombreux et n'offrent, sauf la dolomie, aucun intérêt spécial au point de vue agricole.

### LA DOLOMIE (1).

La dolomie est un carbonate double de magnésie et de chaux : $MgCa(CO_3)_2$.

A l'état pur, cristallin, il se compose de

54.3 % de carbonate de chaux ou 30.4 de chaux ;

45.7 % de carbonate de magnésie ou 21.7 de magnésie.

Il renferme généralement une très faible quantité de carbonate de fer, de manganèse et même du calcaire pur interposé.

D'après le Dr Senft, il se distingue du calcaire :

1° par sa grande dureté,

2° par son plus grand poids spécifique,

3° en ce qu'il n'est pas décomposé immédiatement à froid par l'acide chlorhydrique. C'est seulement à l'état pulvérulent et à chaud qu'il fait effervescence avec cet acide.

4° Il est insoluble dans l'acide acétique.

La dolomie est non-seulement insoluble dans l'eau chargée d'acide carbonique mais est encore peu sensible à l'action des agents météorologiques. Par la congélation de l'eau infiltrée entre les fissures, la dolomie se désagrège en blocs plus ou moins volumineux qui se réduisent lentement en *sables ou cendres dolomitiques*. Ceux-ci se rapprochent par leurs propriétés physiques des sables quartzeux. Ils n'échauffent pas le sol au même degré que le carbonate de chaux parce que s'ils s'échauffent fortement pendant

(1) Voir SENFT, — MOURLON : *Géologie de la Belgique*. — MALAISE : *Minéralogie*. — DE LAPPARENT : *Traité de géologie*, etc. — SCHUTZENBERGER : *Traité de chimie*.

jour, ils se refroidissent aussi facilement pendant la nuit. On retrouve d'ailleurs sur les sols dolomitiques les plantes caractéristiques des sols sablonneux. La dolomie constitue donc un des meilleurs engrais calcaires et magnésiens par les régions à sol sablonneux comme la Campine où la chaux employée seule en forte quantité est nuisible.

La dolomie est un des principaux composés magnésiens. Dans notre pays, cette roche affleure en masses considérables dans la vallée de la Meuse. Les roches ruiniformes qu'on rencontre, dans le calcaire carbonifère, sont généralement formées de dolomie.

« Il y a des *dolomies* compactes ; mais la plupart sont caverneuses et il en est, comme la variété connue, en Allemagne, sous le nom de *Rauchwache*, dont la masse, à grain fin, est criblée de cavités irrégulières. Dans la région des Alpes, les dolomies caverneuses et cloisonnées portent le nom de *cargneules*. Beaucoup des dolomies grenues se réduisent à l'air en arènes cendreuses.

Les dolomies du Tyrol forment des massifs d'une puissance considérable, où toutes traces de fossiles et de stratification ont disparu. La roche est parsemée de cavités, dont les parois sont tapissés par des rhomboèdres de dolomie. Il paraît que ces calcaires, originairement édifiés par des coraux, ont été peu à peu transformés en dolomies par l'introduction de la magnésie et l'élimination du carbonate calcique, moins insoluble que le carbonate magnésien ;....

Il y a aussi des *dolomies saccharoïdes*, aussi blanche que du marbre, mais à grain généralement plus fin et au toucher assez rude (1). »

Sachse a montré (2) que les racines des plantes corro-

(1) DE LAPPARENT, *ibid.* p. 687.
(2) SACHSE, *op. cit.* p. 242.

daient des plaques de dolomie, que par conséquent ce minéral est absorbé par les plantes.

Nous avons fait cette année quelques expériences avec la dolomie.

Le sable de la Campine est pauvre en *magnésie* et en *chaux*, la potasse est assez abondamment représentée.

La dolomie est-elle assimilable ? peut-elle fournir la chaux et la magnésie ?

Nous avons employé 7 grammes de dolomie par 8 kilogr. de terre, ce qui correspond à 2500 kilogr. par hectare.

### Sarrasin.

La culture n° 1 a reçu un engrais complet composé de

nitrate d'ammoniaque
phosphate de soude
carbonate de potasse
carbonate de chaux
carbonate de magnésie.

La culture 2 tous ces éléments sans la potasse.

La culture 3 id sans la chaux. Dans cette culture la levée a été très mauvaise, il a fallu resemer ; dès que les jeunes plantes ont passé par une phase de crise, la végétation a pris de l'essor. Malgré les résultats donnés par la balance, il faut donc dire que la chaux manquait.

La culture 4 n'a pas reçu de carbonate de magnésie ; la végétation a été très chétive.

La culture 5 a reçu du nitrate d'ammoniaque, du phosphate de soude et 7 grammes de dolomie ; la levée a été bonne, régulière.

Voici les résultats donnés par la balance pour le sarrasin.

| CULTURES | PAILLE + GRAIN | GRAIN |
|---|---|---|
| Engrais complet | 31 | 10 |
| Id. sans potasse | 30 | 10 |
| Id. sans chaux | 30 | 9.5 |
| Id. sans magnésie | 14 | 4 |
| Dolomie | 30 | 10 |

Ainsi les carbonates de magnésie et de chaux de la dolomie sont assimilables.

CULTURE DE L'AVOINE (1889).

| | PAILLE + GRAIN | GRAIN |
|---|---|---|
| Engrais complet | 19 | 7 |
| Id. sans azote | 10 | 4 |
| Id. sans potasse | 17 | 8 |
| Id. sans chaux | 5 | 2 |
| Id. sans magnésie | Cette culture a été détruite | |
| Dolomie remplaçant potasse, chaux et magnésie | 20 | 10 |

Toutes les expériences ont montré le manque de magnésie (1), cependant, — en l'absence de la culture sans magné-

(1) Les analyses du sol par l'avoine de 1888 ont montré le manque de magnésie. Voir ci-après.

sie, — on peut constater que la dolomie est un excellent engrais calcaire, tout en étant un excellent engrais magnésien. Elle a favorisé notamment le développement des grains qui sont relativement à la quantité de paille comme 1 : 1 (culture 6) ; tandis que dans l'engrais complet (n° 1) le rapport est comme 7 : 12.

Cette expérience montre parfaitement le rôle important que joue la magnésie dans le développement des graines. La dolomie a été plus efficace que le carbonate de chaux (5 grammes) et de magnésie (2 gr. 1/2) employés séparément.

CULTURES DE POIS.

| CULTURES | POIDS DE LA RÉCOLTE | NOMBRE DE GRAINS |
|---|---|---|
| Engrais complet sans magnésie | 4 | 9 |
| Id. sans chaux | 7 | 11 |
| Dolomie | 12 | 25 |

La comparaison entre la culture avec dolomie et les cultures sans magnésie et sans chaux, montre la parfaite assimilabilité de la chaux et de la magnésie contenues dans la dolomie essayée à l'état de cendres dolomitiques.

## EMPLOI DE LA DOLOMIE.

Jusqu'à présent on n'a pas encore préconisé l'emploi de la dolomie, en agriculture, quoiqu'on connaisse depuis longtemps la valeur fertilisante de la chaux provenant de la calcination des roches calcaires riches en magnésie.

La dolomie, étant peu soluble, cet engrais ne peut être employé efficacement qu'après division préalable. On pourrait employer avantageusement les sables dolomitiques plus ou moins fins dans les terres arables de la Campine ainsi que dans les prairies acides, humides, tourbeuses, etc.

La dolomie, réduite mécaniquement en poudre très fine, constituerait un excellent engrais pour plusieurs sols. La dolomie peut d'ailleurs être transformée en chaux magnésienne et être employée avantageusement dans toutes les prairies et même dans les sols arables.

Cependant on ne doit pas perdre de vue que la chaux magnésienne est hydraulique ; on ne doit donc pas l'employer en trop forte quantité.

## CONCLUSIONS.

1. La magnésie fait défaut dans certains sols ; notamment le sable campinien n'en contient pas une quantité suffisante pour une végétation normale.

2. En maintes circonstances, l'effet des engrais potassiques de Stassfurt est dû partiellement aux engrais magnésiens qui les accompagnent.

3. La magnésie et la chaux contenues dans la dolomie sont assimilables.

4. La dolomie, engrais complexe, d'une solubilité restreinte, conviendrait admirablement à nos sols sablonneux, doués d'un faible pouvoir absorbant et pauvres en chaux et en magnésie.

J. Joh. Verwer
Lorgolied (Holland)

# III

## VALEUR COMPARÉE DE QUELQUES PHOSPHATES

## Assimilabilité des phosphates.

Des expériences nombreuses ont été faites, par divers agronomes, pour déterminer la valeur des différents phosphates ; néanmoins, les auteurs sont loin d'être d'accord sur cette question : les uns recommandent exclusivement les superphosphates, d'autres donnent la préférence aux phosphates minéraux, d'autres dénient toute valeur fertilisante à ces derniers.

Ces désaccords ne proviennent-ils pas encore une fois de la tendance des agronomes à tout généraliser ?

Tout qui fait un essai d'engrais tire des résultats qu'il obtient des conclusions et des lois, qu'il croit être vraies dans tous les cas.

Les expériences d'ailleurs ne sont pas faites dans des conditions parfaitement déterminées ; l'absence de méthode rigoureuse fait que l'expérience n'a qu'une valeur purement locale, et souvent aucune valeur au point de vue scientifique.

La valeur d'un engrais, surtout celle d'un engrais phosphaté, doit être étudiée à un double point de vue. On devrait déterminer sa valeur *absolue* et sa valeur *relative*. Cette seconde est éminemment variable suivant les conditions dans lesquelles on emploie l'engrais : on a confondu généralement la valeur *absolue* et la valeur *relative*.

La valeur absolue d'un engrais dépend :

A. de la *quantité* des éléments fertilisants qu'il contient.

B. de la *diffusibilité* de ces éléments dans le sol.

C. de *l'absorbabilité* et de l'assimilabilité de ces éléments.

A.

## Quantité des éléments fertilisants.

Plus un phosphate est riche, plus il contient non seulement d'acide phosphorique, mais aussi de chaux, de magnésie, de fer, etc. plus sa valeur fertilisante sera grande.

Supposons que nous employions 126 kilogr. d'acide phosphorique par hectare sous forme *d'apatite rose* et sous forme de phosphate métallurgique à 12.6 p. % d'acide phosphorique, le sol recevra :

| | PAR 286 KILOGR. D'APATITE | PAR 1000 KILOGR. DE SCORIES |
|---|---|---|
| Acide phosphorique | 126 | 126 |
| Chaux | 149 | 450 |
| Magnésie | 0.560 | 63 |
| Protoxyde de fer | ? | 138 |

Il y a par conséquent une grande différence entre ces 2 engrais employés. Si l'acide phosphorique de ces deux engrais avait exactement la même valeur absolue, le second engrais aurait une valeur plus grande que le premier. Il est évident qu'il faut tenir compte de l'apport des autres éléments fertilisants.

B.

## Diffusibilité des éléments fertilisants.

Toutes autres conditions égales, plus un engrais est diffusible dans le sol, plus grande sera sa valeur, parce

que les racines trouveront partout ou presque partout cet élément à leur disposition.

Plus un phosphate est soluble dans l'eau, ou dans l'eau chargée d'acide carbonique ou d'acides organiques, plus sa valeur sera grande ; parce que sa diffusibilité dans le sol sera plus grande.

Plus un phosphate est fin, mieux aussi et plus uniformément il se repartit dans tout le sol, plus grande sera la surface qu'il présentera aux agents de désagrégation et de dissolution.

Supposons un phosphate présentant, grâce à sa texture, grâce à sa richesse en acide phosphorique, une grande quantité d'acide phosphorique à l'action de la désagrégation, sa valeur sera plus grande que celle d'une phosphate présentant à cette action une surface moindre. Si les particules de l'acide phosphorique sont disséminées dans une gangue, comme dans une gangue calcaire, l'acide phosphorique sera moins diffusible dans le sol : de là encore plus un phosphate est fin, plus il est riche, plus grande est sa valeur.

L'unité d'acide phosphorique d'un phosphate riche a, par conséquent, une valeur plus grande que l'unité d'un phosphate moins riche, toutes autres conditions d'ailleurs égales.

Un phosphate accompagné d'un agent de désagrégation comme le plâtre des superphosphates, est plus diffusible qu'un autre. De même la chaux vive s'hydratant dans le sol, le protoxyde de fer se peroxydant, accompagnant l'acide phosphorique du phosphate métallurgique, favorisent la désagrégation et la dissémination de l'acide phosphorique dans le sol et donnent une plus grande valeur agricole à l'acide phosphorique de cet engrais.

C.

## Absorbabilité et assimilabilité.

On confond constamment les termes *assimilable* et *absorbable*.

Une substance est *absorbable* quand elle peut pénétrer dans la plante ; cette propriété dépend de sa *solubilité* et de sa *diffusibilité* à travers les membranes organiques.

Une substance est *assimilable* quand, dans les conditions normales, elle peut servir d'aliment aux plantes : L'assimilation est le résultat d'un travail de synthèse qui se fait dans les corps chlorophylliens, sous l'influence de la chaleur et de la lumière, avec consommation de chaleur et désoxygénation.

Les substances au maximum d'oxygénation sont les plus assimilables.

Aucun élément simple, sauf l'Oxygène n'est assimilable, si toutes fois l'Oxygène de la respiration peut être considéré comme un aliment.

Toute substance absorbable n'est pas assimilable ; ainsi l'azote libre, le cyanogène quoique absorbés ne sont pas assimilés.

Toute substance, pour être assimilable, doit être absorbable, c'est-à-dire soluble et diffusible.

*Les phosphates de chaux absorbables sont assimilables ; il ne s'agit pas de discuter l'assimilabilité des phosphates, mais leur absorbabilité.*

Pour être absorbable, 1°) une substance doit se trouver en contact immédiat avec les organes absorbants.

2°) Se présenter sous une forme gazeuse ou soluble et diffusible.

Une substance peut être soluble :

*a*) dans l'eau.

*b*) Dans l'eau chargée d'acide carbonique.

*c*) Dans les humates solubles contenus dans le sol.

*d*) Elle peut devenir soluble par les acides qui imbilent les membranes des poils radicaux des racines ; enfin,

*e*) Elle peut devenir diffusible par les ferments solubles excrétés par les cellules absorbantes.

3°) Elle ne doit avoir aucune action désagrégeante sur les organes absorbants.

Le phosphate minéral ($Ca_3(PO_4)_2$) est certainement soluble dans les acides sécrétés par les organes absorbants (poils radicaux) ; des expériences de Sachse ont démontré l'absorbabilité même de l'apatite (1) ; de plus il n'a aucune action désagrégeante sur les organes absorbants ; par conséquent, si un phosphate minéral n'est pas absorbable, c'est par *manque de contact*.

Les superphosphates rétrogradent dans le sol ; s'ils sont plus assimilables, ils ne le doivent pas à leur structure moléculaire, mais à leur plus grande dissémination dans le sol, et à la petitesse de leurs particules.

Du phosphate tricalcique est toujours du phosphate tricalcique, il n'y a aucune raison de croire qu'il existe des variétés allotropiques de ce corps.

Non pas cependant que le phosphate tricalcique soit toujours également soluble dans un même réactif : Deux phosphates tricalciques purs, conditions de divisions égales sont également solubles ; la différence de solubilité, la rapidité de cette dernière dépendront du degré de finesse, du contact. Il en est de même de l'action désagrégeante des poils radicaux.

(1) Sachs, *Vorlesungen über Pflanzen Physiologie*, 1887, p. 242.

Plus un phosphate sera riche, fin, plus le contact des poils radicaux avec le phosphate sera grand, plus grande sera son absorbabilité.

Un phosphate bien disséminé dans un sol, dont les particules seront petites, dont l'acide phosphorique sera engagé dans peu de gangue, sera très absorbable.

Les poils radicaux — dont le nombre pour une plante s'élève à des millions — ont une durée éphémère ; la quantité d'engrais qu'ils peuvent dissoudre est limitée : il faut donc, pour une grande absorbabilité, que les éléments du phosphate soient très fins et distribués dans tout le sol.

L'acide phosphorique du superphosphate aura toujours une valeur absolue plus grande que celui des autres phosphates, parce qu'il se diffuse le mieux dans le sol ; il se trouve dans le sol à l'état de précipité chimique, à l'état moléculaire, presque pur, sans gangue calcaire, offrant par suite une surface immense aux poils radicaux.

Tous les phosphates tricalciques, à contact égal avec les poils radicaux, sont également absorbables.

On a prétendu à tort, qu'un phosphate est plus absorbable s'il a déjà fait partie d'un être organisé ; tous les phosphates sont peut être dans ce cas : Les cendres d'or ne sont pas plus absorbables, que n'importe quel autre phosphate : Rien ne le trouve.

Il est vrai que la dissémination et la diffusion de ces phosphates sont facilitées parfois par la présence des matières étrangères qui les accompagnent.

L'absorbabilité doit dépendre aussi de la texture ; cette dernière ne peut se déterminer que par l'examen microminéralogique. Elle doit être très variable d'après la provenance des phosphates ; les différentes couches de phosphates ne se sont pas formées dans les mêmes circon-

stances, n'ont pas été soumises aux mêmes influences ; des phénomènes de métamorphisme peuvent avoir influé sur la texture : Tous les phosphates minéraux ne sont pas pour cela également absorbables ; une expérience faite avec un phosphate minéral n'aura de valeur que pour ce phosphate donné : on ne peut pas généraliser.

L'acide phosphorique des phosphates minéraux, peut être en combinaison avec l'oxyde de calcium, de fer, de magnésium, de manganèse, d'aluminium : ces phosphates calciques, magnésiens, etc., n'ont pas la même solubilité.

De là, on ne peut généraliser les conclusions tirées de l'essai d'un phosphate, à tous les phosphates minéraux, parce que tous ces produits ne sont pas identiques.

On peut dire, à priori, 1°) qu'un phosphate est d'autant plus absorbable qu'il est plus pauvre en carbonate de chaux.

2°) Qu'un phosphate riche en carbonate de chaux est d'autant plus absorbable qu'on l'emploie dans un sol plus pauvre en calcaire.

Quand on emploie un phosphate riche en carbonate de chaux, les poils radicaux en rencontrant une particule de phosphate, engagé dans une gangue calcaire, auront absorbé rapidement une quantité suffisante de chaux, d'autant plus que le sol est plus riche en cet élément. A partir de ce moment l'action des poils radicaux, dont la durée est limitée, s'arrêtera sur cette particule et les autres auront également une tendance à s'en écarter : Il n'est pas douteux que les plantes possèdent un certain pouvoir électif pour la quantité d'éléments nutritifs ; de même que les poils radicaux ont une tendance à s'enrouler et à s'attacher aux particules minérales nutritives, de même ils tendent à s'écarter des substances dont les plantes n'ont pas besoin.

Dans un sol complètement dépourvu de chaux, un phos-

phate quelconque finement moulu sera plus assimilable, à moins que la gangue calcaire ne soit trop épaisse : car, dans ce cas, les poils radicaux, si éphémères, périssent avant d'être en contact avec le phosphate. De plus le calcaire, en quantité abondante, neutraliserait trop rapidement les acides organiques chargés de la désagrégation.

Plus un phosphate est complexe, plus il entrera dans sa composition d'éléments chimiques nutritifs différents, plus grande sera son absorbabilité : Ces éléments chaux, magnésie, fer, acide sulfurique, attireront, en quelque sorte une grande quantité de poils radicaux et favoriseront ainsi le contact ; d'ailleurs en s'hydratant, en se dilatant différemment sous l'action de la chaleur, en se désagrégeant, ils favoriseront la dissémination des particules de phosphate et leur contact avec les poils absorbants.

Si le *tetraphosphate* (1) des scories permet d'expliquer l'action rapide de l'acide phosphorique de cet engrais, par sa solubilité plus grande et sa dissémination plus facile, il est indubitable que la composition complexe de cet engrais concourt à donner une grande valeur à cet engrais. La chaux d'ailleurs y est à l'état libre principalement et non à l'état de carbonate.

II.

## Valeur agricole d'un phosphate.

La valeur agricole d'un phosphate varie évidemment d'après sa valeur absolue, comme nous venons de le voir.

(1) Le phosphate tetracalcique [$Ca_4P_2O_9$ ou $Ca_3(PO_4)_2+CaO$] doit être du phosphate tricalcique combiné à une molécule de chaux. On connaît depuis longtemps le phosphate tetrasodique et l'on a même évalué le dégagement de chaleur qui accompagne sa formation.

Elle varie d'après la nature du sol, sa composition chimique, richesse en acide phosphorique, en chaux etc. ; d'après sa composition physique, humidité, richesse en humates solubles, en humates insolubles, acides humiques libres, d'après la perméabilité du sol à l'air.

Elle changera d'après les besoins spécifiques de la plante que l'on cultive ; d'après ses besoins en chaux, d'après le nombre, la masse et le pouvoir dissolvant des poils radicaux.

Elle varie d'après le mode d'emploi ; d'après l'époque d'application, son mélange plus ou moins parfait avec le sol.

Des expériences culturales nombreuses ont été faites dans le but de rechercher la valeur relative des différents phosphates et il n'est pas étonnant qu'on est arrivé à des résultats, en apparence, contradictoires.

Ces expériences n'ont de valeur que pour le sol dans lequel on cultive, pour la plante cultivée et l'on pourrait même ajouter pour l'année pendant laquelle l'expérience s'est faite : En effet, la quantité d'eau qui tombe annuellement, surtout pendant la durée de la végétation d'une plante, est variable d'une année à l'autre ; il en est de même de la radiation, et par conséquent de la transpiration.

On doit tenir compte également de l'époque d'application : Deux phosphates différents peuvent avoir la même valeur agricole si on les emploie tous les deux avant l'hiver et avoir une valeur différente, si on les emploie après l'hiver, quand un des phosphates a besoin de plus de temps, de plus d'eau pour se disséminer dans le sol.

Enfin, il ne s'agit pas seulement de tenir compte de l'action d'un phosphate durant un an ; il faut tenir compte de sa durée d'action. Toutes conditions égales, un phosphate qui laissera dans le sol, une plus grande quantité d'acide phosphorique actif, aura une valeur plus grande

qu'un autre phosphate qui, avec une dose moindre, aura donné la même récolte une première année. Il est de l'intérêt des cultivateurs d'augmenter la réserve du sol.

III.

## Recherches expérimentales sur la valeur agricole de phosphates de scories et les phosphates de Ciply.

Nous avons durant l'année 1889, institué plusieurs cultures en pots, avec des sols différents et des plantes différentes, afin de rechercher la valeur comparée des phosphates de scories et les phosphates belges de Ciply.

Chaque expérience se composait de 3 cultures, faites avec la même quantité de terre et ayant reçu la même quantité d'azote, de potasse, de chaux, de magnésie, de fer et d'acide sulfurique, tous à l'état de produits chimiquement purs.

Nous avons employé un phosphate de scories, titront 16.61 p. % d'acide phosphorique et du *phosphate de Ciply* titront 16.78 d'acide phosphorique.

Une seule expérience a été faite avec du *thermophosphate* à 13 p. %.

### EXPÉRIENCES DANS LE SABLE CAMPINIEN.

Le sable campinien est très pauvre en acide phosphorique ; 1) Le sable avec lequel les expériences ont été faites, ne contient par hectare et pour une épaisseur de 20 centimètres, que 314 kilogr. (Analyse de Gembloux).

2) L'analyse du sol par la plante démontre le manque absolu d'acide phosphorique.

Le sable provient d'une bruyère des environs de Peer ; il est très riche en humus, notamment en matière noire de Grandeau.

L'expérience a été faite sur 8 kilogrammes de sable.

Nous avons employé 5 grammes de chaque phosphate.

La quantité employée correspond à l'emploi de 1600 à 1700 kil. de ces phosphates à l'hectare.

AVOINE.

| CULTURES | POIDS DE LA RÉCOLTE TOTALE PAILLE + GRAINES | POIDS DES GRAINES |
|---|---|---|
| Sans acide phosphorique | 3 grammes | 1 |
| Phosphate de Ciply | 9 » | 3.5 |
| Scories de déphosphoration | 25 » | 10 |
| Thermophosphate | 5 » | 2 |

ORGE.

| CULTURES | POIDS TOTAL | POIDS DES GRAINES |
|---|---|---|
| Sans acide phosphorique | 2 | Epis non formés |
| Phosphate de Ciply | 5 | id. |
| Scories de déphosphoration | 23 | 9.5 |

### Sarrasin.

| CULTURES | POIDS DE LA RÉCOLTE | POIDS DES GRAINES |
|---|---|---|
| Sans acide phosphorique | 3.5 | 0.25 |
| Phosphate de Ciply | 39 | 20 |
| Scories | 72 | 37 |

### Pois.

| CULTURES | POIDS DE LA RÉCOLTE | NOMBRE DES GRAINES |
|---|---|---|
| Sans acide phosphorique | 7.5 | 11 |
| Phosphate de Ciply | 12 | 25 |
| Phosphates de Scories | 17 | 38 |

Le sable de la Campine convient pour ces recherches ; cependant vu les propriétés particulières de ce sol, nous ne voulons appliquer les conclusions qu'au sol étudié.

1°) Le phosphate de Ciply est loin d'avoir pour les sols sablonneux de la Campine la même valeur agricole que les phosphates de scories.

2°) L'acide phosphorique du phosphate de Ciply n'est absorbable qu'en faible proportion ; son absorbabilité varie d'après les plantes cultivées ; le sarrasin a pu le mieux l'utiliser ; l'orge, par contre, plante délicate qui requiert des engrais facilement assimilables, n'a pu l'assimiler.

3°) La récolte des grains a surtout laissé à désirer ; sans doute parce que l'acide phosphorique a été absorbé en trop faible proportion.

4°) Dans la plupart des cas, on doit donc donner la préférence aux phosphates de scories malgré leur prix plus élevé. Dans certains cas spéciaux, culture du sarrasin — culture qui d'ailleurs n'est guère à recommander en Campine — culture du lupin, pour l'établissement de sapinières, pour des défrichements, pour l'amélioration de prairies acides, tourbeuses, marécageuses, on pourrait, peut-être, utiliser les phosphates de Ciply, si on peut les obtenir à un prix très avantageux, à la condition qu'on emploie simultanément un phosphate plus assimilable.

5°) Les pois ont la faculté d'absorber de l'acide phosphorique peu assimilable, témoin la première culture et la différence entre les 2 suivantes.

6°) Le thermophosphate employé n'a donné que des résultats négatifs, même inférieurs au phosphate de Ciply.

### SABLE DIESTIEN.

Le sable diestien employé contient par hectare et sur une épaisseur de 20 centimètres, 1110 kilogr. d'acide phosphorique.

L'analyse de ce sol par la plante accuse un manque presque absolu de cet élément.

La quantité de matière noire de Grandeau est de 5.84 p. °/₀₀.

Nous avons employé 2 kilogr. 500 de sable.

Les phosphates ont été employés à la dose de 2 grammes.

Une seule expérience a été faite avec l'orge.

### Orge.

| CULTURES | POIDS DE LA RÉCOLTE | POIDS DES GRAINES |
|---|---|---|
| Sans acide phosphorique | 1 gr. 5 | Epis non formés |
| Phosphate de Ciply | 4 | id. |
| Phosphate de scories | 15 | 8 |

Dans ce sol aussi, l'orge n'a pu assimiler une quantité suffisante d'acide phosphorique pour une végétation normale, avec l'emploi du phosphate de Ciply.

## LIMON HESBAYEN.

### Orge.

Ce limon contient par hectare 1269 kilogr. d'acide phosphorique. Il ne renferme que 0.17 p. % de matière noire de Grandeau.

L'analyse de ce sol par la plante nous a montré à diverses reprises que l'acide phosphorique du sol est assimilable (1).

Les essais se sont faits avec 8 kilogr. de limon.

Nous avons employé 5 grammes de chaque phosphate.

| CULTURES | POIDS TOTAL | POIDS DES GRAINES |
|---|---|---|
| Sans acide phosphorique | 84 | 35 |
| Phosphate de Ciply | 79 | 32 |
| Phosphate de scories | 77 | 30 |

(1) Smets et Vanderyst. Recherches expérimentales sur le limon hesbayen, Tongres 1889.

Dans ce sol la culture au phosphate de Ciply a donné une plus forte récolte que celle fumée aux phosphates de scories.

Sans la parcelle-témoin, on donnerait la préférence au premier : mais l'acide phosphorique ne manque point ; l'addition d'une quantité élevée d'un phosphate assimilable peut être nuisible. Nous croyons pouvoir dire que précisément le phosphate le plus absorbable a été nuisible et a le plus déprimé la récolte. Cette conclusion est justifiée

a) Par les expériences précédentes.

b) Par la diminution de récolte provoquée par l'addition de phosphates.

En tout cas, des expériences faites avec du limon hesbayen pauvre en acide phosphorique assimilable, décideront si notre interprétation est erronée ou non.

On opposera à ces expériences et à ces conclusions les résultats obtenus par M. Grandeau avec du phosphate minéral (1).

Quelles que soient les expériences qu'on nous oppose, elles n'ont, comme les nôtres, *rigoureusement* de valeur que pour la terre essayée et le phosphate employé.

Les expériences de M. Grandeau se sont continuées durant 8 ans.

Par conséquent aussi, nos expériences ne sont pas comparables.

La question économique joue aussi un grand rôle : le cultivateur ne peut pas immobiliser de capital dans ses terres, il doit et il veut toujours, à bon droit, employer un engrais à action rapide, qui lui permettra de rentrer à bref délai, dans les dépenses faites en engrais.

(1) GRANDEAU, Etudes agronomiques, 1887-89, p. 204.

Cependant nous croyons que les expériences de M. Grandeau n'ont pas même résolu la question de l'effet égal de certains phosphates, en tenant compte des récoltes successivement obtenues.

« Le plan des essais, dit-il (1), commencés en 1870 et poursuivis sans interruption jusqu'en 1878 était le suivant: déterminer par rapport au rendement de 2 parcelles prises comme témoins aux deux extrémités du champ et ne recevant pendant la durée de l'expérience aucune espèce de fumure, les excédents de récolte produits : 1) par des engrais contenant, sous des formes différentes, mêmes doses d'acide phosphorique associé à des poids égaux de potasse et d'azote, également sous diverses formes ; 2) par les mêmes doses d'acide phosphorique et de potasse sous des formes diverses, mais sans addition d'azote ».

Les premières expériences seules nous intéressent.

« Si l'on additionne, dit M. Grandeau, tous les rendements obtenus par la fumure, contenant l'acide phosphorique au même état et qu'on divise les totaux obtenus par le nombre des parcelles en expérience pour chaque engrais, on arrive aux chiffres suivants, qui expriment le rendement brut moyen à l'hectare et par an, en substance récoltée sur le champ. »

| | | |
|---|---|---|
| Avec le phosphate précipité | 12581 | kilogr. |
| » » superphosphate | 12570 | » |
| » » phosphate naturel | 12097 | » |
| » la poudre d'os | 10386 | » |

Ainsi le phosphate minéral a donné sensiblement les mêmes résultats que les phosphates mono- et bicalciques.

Mais M. Grandeau n'a pas, semble-t-il, cherché, avant de

(1) Grandeau, op cit., p. 210.

conclure, si le sol était dépourvu d'acide phosphorique assimilable, ou s'il y avait seulement un léger manque.

Il dit :

« Cette terre siliceuse, *dépourvue d'humus*, contenait en centièmes, les principes suivants :

| | |
|---|---|
| Azote | 0.005 |
| Acide phosphorique | 0.063 |
| Potasse | 0.170 |
| Chaux | 0.480 |
| Magnésie | 0.180 |

En supposant la densité de 1.5 ; le poids par hectare et pour une épaisseur de 20 centimètres, est de 3000000 de kilogr., contenant 1890 kilogr. d'acide phosphorique.

Or, dans les sables tongriens, *également dépourvus* d'humus, ne contenant en centièmes que 0,019 ou par hectare que 504 kilogr. d'acide phosphorique, nous avons constaté, deux années consécutives, que les plantes pouvaient absorber une quantité suffisante d'acide phosphorique, sans nouvelle addition.

Rien ne prouve donc que le *sol* expérimenté par M. Grandeau soit réellement pauvre en acide phosphorique, l'absence d'humus nous engage même à croire le contraire et les conclusions sur la valeur du phosphate minéral — plusieurs fois répétées dans notre pays dans la presse et les publications agricoles, — sont pour le moins prématurées.

Les expériences de MM. Wagner, Petermann, comme nos expériences, montrent qu'il faut recommander avec prudence les phosphates minéraux.

Comme nous l'avons dit, le phosphate minéral est toujours assimilable, mais dans certains cas il n'est absorbable que dans des limites restreintes.

Des recherches pratiques et scientifiques s'imposent pour

rechercher dans quelles conditions un phosphate minéral, bien déterminé, peut être employé directement comme engrais d'une manière économique. C'est ici surtout qu'il faudra se garder de généraliser.

Nous terminerons par ces paroles de M. Petermann (1) : « Que l'on ne nous prenne pas comme hostile en principe à l'emploi des phosphates minéraux bruts. Je suis loin d'être aussi absolu que M. Wagner qui refuse même le nom de matière fertilisante aux phosphates bruts.

Jamais le phosphate minéral quelque bas que soit son prix, n'arrivera en Belgique à remplacer les superphosphates, le phosphate précipité ou les scories de déphosphoration dans la culture intentive des céréales, du lin, de la betterave, etc. qui exigent impérieusement, pour maintenir l'équilibre de la nutrition végétale, à côté des nitrates, du sulfate d'ammoniaque, à effet immédiat, des phosphates également à action rapide.

Mais lorsqu'il s'agit de mettre, à bon marché, en état de culture, des terres défrichées , (Campine, Ardenne) ; lorsqu'on veut améliorer des prairies acides et humides ; lorsqu'on se trouve en présence de sols exceptionnellement riches en matières organiques (au delà de 60 pour mille) ; lorsqu'on veut donner à une terre un fond de réserve en phosphate, c'est-à-dire lorsqu'on a en vue non une fumure « de production », mais « d'entretien » ; lorsqu'on se propose d'enterrer des engrais verts simultanément avec des engrais minéraux ;... dans tous ces cas, on peut se servir de phosphates minéraux pulvérisés. *Mais, cela bien entendu, lorsqu'il y a moyen de se procurer l'acide phosphorique à un prix sensiblement inférieur à celui auquel on le cote actuellement dans les superphosphates et les scories* ».

(1) Journal de la société centrale d'agriculture, Octobre 1889, p.357.

J. Joh. Verwey
Zorgvliet (Volland)

# IV

## RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LES SABLES CAMPINIENS, DIESTIENS ET TONGRIENS DE LA PROVINCE DE LIMBOURG.

# Recherches expérimentales sur les sables campiniens, diestiens et tongriens de la province de Limbourg.

Durant les années 1888 et 1889, nous avons institué plusieurs analyses de sol par diverses plantes. Nous avons publié ailleurs (1) les résultats obtenus dans le limon hesbayen.

A notre connaissance, on n'avait pas encore fait sur ces sols de la province de Limbourg des recherches rigoureuses. L'un de nous, (M. Vanderyst) avait commencé, en 1887, des essais avec le sable campinien et les produits obtenus ont été exposés au concours international de Bruxelles.

Avant d'entrer dans le détail de ces recherches (2) nous donnerons un aperçu sur la géologie, la culture de notre région, surtout du sol campinien.

## SABLE CAMPINIEN.

La région de la Campine comprend tout le Nord-Est de la Belgique et s'étend sur une grande partie des provinces de Limbourg et d'Anvers.

« La Campine est bornée au Nord, dit M. Kummer, par la frontière hollandaise ; au midi par la Dyle et le Démer ;

(1) G. Smets et Hyac. Vanderyst. *Recherches expérimentales sur le limon hesbayen.* Tongres, imprimerie Collée. 1889.

(2) Monsieur le Ministre de l'agriculture a bien voulu — sur la proposition de M. l'inspecteur de l'agriculture — nous accorder un subside pour ces recherches. Elles ont été faites au collège de Hasselt.

à l'Ouest par l'Escaut et le Rupel ; et enfin, à l'Est par le canal de Bois-le-Duc à Maestricht (1) ».

Cependant, dans le Limbourg, dont nous nous occuperons ici spécialement, il n'y a pas de ligne de démarcation bien nette entre les sols limoneux de la Hesbaye et les sables *campiniens*. En effet, on constate qu'il existe bien souvent entre ces deux régions des terrains de transition, remaniés pendant l'époque quaternaire et qui semblent surtout consister en un mélange de limon *hesbayen* et de sable *campinien*. D'ailleurs, on retrouve au delà du Démer entre Beverst et Munsterbilsen du sable campinien bien caractérisé (2).

D'après M. le capitaine Delvaux (3) la limite d'extension des erratiques du Nord coïncide en Belgique avec celle de la Campine.

La Campine fait encore partie de la grande plaine baltique et les sables campiniens, paraissent être l'équivalent du dilivium sableux (Zand-dilivium) de la Néerlande et du Nord de l'Allemagne (4).

D'après d'Omalius, le sable de la Campine est « ordinairement blanchâtre, quelquefois jaunâtre, brunâtre, noirâtre ou verdâtre. Il couvre presque toute la Campine, ainsi qu'une grande partie de la Flandre. Il est très mobile et tend à envahir les champs cultivés.... En Campine, où il est assez

(1) Kummer : Rapport du 8 janvier 1840 sur le défrichement des bruyères de la Campine.

(2) Van den Broeck : Carte géologique de la Belgique. Explication de la feuille de Bilsen, p. 151. Bruxelles, 1883.

(3) Delvaux *in* Dr Bamps : Considérations sur les blocs erratiques d'origine scandinave, p. 11. Hasselt, 1888.

(4) de Lapparent : Traité de Géol. p. 1264. Paris, 1885

Reinders : Handboek voor den Ned. landb. en veet. bl. 32. Groeningen, 1874.

Winkler *in* Mourlon : Géol. de la Belg. T. I. p. 294. Brux. 1880.

pur, il détermine l'existence d'une contrée stérile ; en Flandre où il est quelquefois mélangé au limon et où les habitants ont été plus à même de l'amender, la contrée est généralement fertile » (1).

Nous savons aujourd'hui que le sable des Flandres ne peut être assimilé à celui de la Campine : Ce sont deux termes stratigraphiques différents.

C'est certainement le sable jaune qui est en général le plus fertile. Plus le sable est blanc, plus il est pur, quartzeux et moins il renferme d'éléments fertilisants.

Dans le Limbourg, le sable campinien prend, d'après Mourlon, exactement la place du *limon hesbayen* ; il est toujours dépourvu de fossiles et n'est séparé que par un petit lit de gravier des couches argilo-sableuses fluviales sur lesquelles il repose. On admet généralement qu'il est contemporain du limon ; cependant il pourrait être un peu plus récent (2).

Le sable *campinien* se présente d'après M. Van den Broeck sous deux facies différents. Le dépôt supérieur est meuble, sableux, caillouteux par place ; le dépôt inférieur est stratifié et argilo sableux (3). L'épaisseur maxima de ces dépôts paraît être 8 à 9 mètres.

D'après le même auteur « le diluvium caillouteux ancien de la Meuse ne peut être séparé ni comme âge ni comme origine du sable meuble campinien, entre les zones duquel ces amas caillouteux sont d'ailleurs parfois visiblement intercalés. Le tout, cailloux et sables campiniens, représente, et cela dans une aire immense en Campine, l'alluvion an-

(1) D'Omalius d'Halloy : Coup d'œil sur la Géologie de la Belgique, p. 87. Bruxelles, 1842.

(2) Mourlon, op. cit. p. 292.

(3) Van den Broeck, op. cit. p. 150, 168.

cienne de la Meuse, antérieure à la dernière phase de creusement de ce cours d'eau (1) ».

Le même auteur a pu constater que dans la partie occidentale du Limbourg on confond sous le nom de campinien des alluvions anciennes et modernes, ainsi que des terrains tertiaires, en affleurements, profondément altérés.

Depuis lors A. Rutot a divisé les terrains quaternaires de la Belgique en trois grandes assises. Voici comment il s'exprime :

« Nous divisons le quaternaire de notre pays en trois termes principalement bien développés, dont nous faisons actuellement des assises, attendu que nous n'avons pas rencontré des faits probants qui permettent de les considérer comme de simples facies.

« La plus ancienne des trois assises a reçu de nous le nom d'assise *campinienne*, parce qu'une bonne partie des sables et cailloux du sable de Campine de Dumont y sont inclus.

« Le terme moyen est l'assise *hesbayenne* et comprend le limon hesbayen proprement dit, débarassé du limon gris inférieur appartenant au nouveau campinien, bien caractérisé par la présence d'*Helix hispida*, de *Succinea oblonga* et de *Pupa muscorum*.

« Enfin le terme supérieur est l'assise *flandrienne* dont les dépôts sableux, probablement moins anciens que le limon hesbayen, ont toujours été confondus jusqu'ici avec ceux de notre assise campinienne, sous le nom de sable de Campine. L'assise flandrienne est surtout largement développée dans les Flandres.

Nous avons reconnu, dans l'assise campinienne, l'exis-

(1) Van den Broeck. Nouvelles observations faites dans la Campine en 1883. Ann. Soc. Géol. du Nord, tome XI, p. 2.

tence de deux termes chronologiques et de plusieurs facies.

Les deux termes chronologiques sont :

1° Les sables et cailloux des sommets les plus élevés, vestiges de la grande plaine primitive.

2° Les limons, les sables et les cailloux déposés à divers niveaux pendant le creusement des vallées quaternaires (1) ».

Le premier terme est très ancien.

Il paraît même remonter jusqu'à la période pliocène. Il est toujours dépourvu de restes organiques.

Dans le deuxième terme on trouve des ossements du *Mammouth* et du *Rhinocéros tichorhinus*.

La région campinienne est loin d'être formée par une couche géologique identique ou uniforme ; il est important de le remarquer. Nous citerons encore à ce sujet une page de M. Van den Broeck, dont les travaux ont tant contribué à élucider le problème si complexe de nos terrains quaternaires.

« La partie réellement marine du campinien paraît se réduire, dans le territoire belge, à une zône extrêmement restreinte. La masse principale des dépôts hétérogènes et d'âges divers qui ont été réunis sous le nom de campinien est formée d'alluvions fluviales et elle comprend aussi un dépôt superficiel produit par des remaniements et des déplacements considérables, dûs à l'influence du vent. Cette dernière cause, plus générale, qu'on serait peut être tenté de le croire, a donné lieu à des cas de superpositions factices et inverses ayant pour effet d'induire le géologue en erreur dans ses appréciations sur l'âge relatif des dépôts....

« A partir de Maestricht, on constate, s'étendant largement vers le N. O., les vestiges bien reconnaissables d'un

(1) A. Rutot : Résultats de l'exploration géologique de la région comprise entre Thielt, Roulers et Thourout, p.20. Liège, 1887.

ancien lit de la Meuse, laquelle coule aujourd'hui vers le O. N. E.

L'alluvionnement du fleuve quaternaire a donné naissance à des accumulations considérables de cailloux (1) d'origine ardennaise, accumulations bien représentées dans les gravières de Genck par exemple, où elles atteignent quatre à cinq mètres d'épaisseur.

Comme on l'a déjà signalé antérieurement, de nombreux fossiles provenant des diverses régions traversées par la Meuse, s'observent au sein de ce diluvium ancien.

Le dépôt caillouteux de la Campine, — qui forme un vaste plateau triangulaire s'élargissant à l'ouest du fleuve actuel, à partir de la région de la rive gauche située à la hauteur de Maestricht, — s'enfonce obliquement vers le fleuve dans la région occupée par ses alluvions modernes. Ce dépôt à gros éléments est recouvert sur la rive gauche par le limon brun et par les alluvions sableuses et limoneuses qui s'étendent de ce côté en une plaine presque horizontale. Sur la rive droite on le retrouve, comme à Elsloo par exemple, formant, sur une épaisseur de 6 à 8 mètres, le sommet d'une falaise de sable tertiaire, probablement diestien, s'élevant verticalement contre la rive du fleuve.

Étudié dans les gravières de Genck, le dilivium caillouteux rappelle curieusement l'aspect et les caractères du dilivium de la Seine à Paris....

Les cailloux diminuent insensiblement en nombre et en

(1) Van den Broeck: Nouvelles observations faites en Campine, etc. op. cit. p. 2 du tiré à part.

(2) « La partie de la Campine située entre Lanaeken, Beverloo, Neerœteren et Brée, où se montre le dépôt à cailloux roulés de l'Ardenne et du Condroz, est très aride ». C. Malaise, *la Belgique agricole dans ses rapports avec la Belgique minérale.* Sur la carte de M. Malaise, l'extension des dépôts caillouteux est indiqué.

volume vers le N. ou plutôt vers le N. O. de la région campinienne ; mais alors on y observe, au milieu de sables fins, la persistance d'éléments fort abondants déjà plus au S., dans la zône caillouteuse typique de Genck par exemple. Je veux parler de ces énormes blocs, les uns à angles aigus, les autres à arêtes légèrement émoussées, qui sont constitués par des roches anciennes de la vallée de la Meuse et dont les dimensions, parfois considérables, s'opposent à l'idée d'un phénomène de sédimentation ayant amené ces matériaux en même temps que les éléments : sables ou graviers, qui les entourent. Ces blocs, que l'on peut appeler erratiques, ont été, sans conteste, apportés par les glaciers flottants que devait charrier le fleuve après les grandes débâcles qui terminaient les rigoureux hivers de la période quaternaire. Seul, ce mode de transport peut appliquer la dispersion irrégulière des blocs dans une zône étendue, soustraite à l'action directe de transport des eaux du fleuve, mais comprise dans la plaine d'inondation qui devait s'étendre largement vers son embouchure.

Dans la partie méridionale de la province d'Anvers et dans la partie occidentale du Limbourg, j'ai pu constater que *sous le nom de campinien se trouvent réunies des surfaces étendues d'alluvions anciennes et modernes, des sommets chimiquement modifiés et puis lavés de formations tertiaires en affleurement, des sables divers remaniés, ainsi que des dépôts déplacés par le vent et qui sont donc de formation secondaire aérienne.*

Sous des dunes campiniennes bien caractérisées, j'ai trouvé par sondage des alluvions limoneuses et de la tourbe, montrant clairement l'invasion du sable de la Campine, qui, grâce à ce processus purement mécanique, a aussi recouvert en d'autres points le limon hesbayen, les alluvions modernes de la Meuse, etc.

On voit que la solution des problèmes si intéressants que l'étude de la Campine exige une étude préliminaire consistant en la détermination préalable du mode de formation et de l'âge des dépôts sableux, si complexes, dont le sol de cette région est formé. Lorsque l'extension des parties marines et alluviales, quaternaires et modernes, etc. sera bien délimitée, lorsque la distinction des dépôts sédimentaires et aériens sera nettement établie, alors seulement les problèmes stratigraphiques généraux pourront être facilement abordés et résolus. »

L'habitant de la Campine se fait remarquer par une intelligence vive et prompte, une remarquable ténacité de volonté, une surprenante résistance au travail et aux privations. Trop sédentaire, il conserve des traditions culturales surannées ; cependant il embrasse avec enthousiasme le progrès agricole, témoin le progrès réalisé ces dernières années.

On peut lui appliquer parfaitement ce que Birnbaum (1) dit des habitants des régions sablonneuses d'Allemagne :

« Es ist schon an anderen Orten ausgesprochen, dass die Art des Bodens auch auf dem Character der Menschen einen bedeutsamen Einfluss ausübe ; dieser Anspruch findet durchaus seine Bestätigung, wenn man sich genauer mit den Verkältnissen befasst. Während der Landwirth in den Marschen unserer ausgedehnten Niederungen eine gewisse Gleichmïthigkeit zeigt, findet man in den Sandgegenden, wenn die Armuth nicht zu sehr das geistige Leben herabgedrückt hat, eine rührige, unternehmunglustige, dabei zähe und widerstandsfähige Bevölkerung, die mehr dem Fortschrift der Kultur zugänglich ist, als der behäbige, im Wohlstand lebende Marschbewohner.

(1) Birnbaum, *Des Sandboden*, p. 2.

Letzterer kat es bei der natürlichen Fruchtbarkeit seines Bodens nicht nöthig, so auf jeden Vortheil zu achten, als der von der Natur zo ungünstig ausgestattete Sandbodenbesitzer. Diesen zwingen vielmehr die Verhältnisse, sich geistig und körperlich anzustrengen, um vorwärts zu kommen. »

Le sable qui a servi dans nos expériences provient des environs de Peer.

Il est blanchâtre, très peu glauconifère, assez fin et ne renferme ni mica, ni cailloux de quartzite. La couche supérieure, riche en matières organiques, est de couleur noire. La couche inférieure — l'échantillon a été pris à la profondeur de 0 à 40 centimètres — est jaunâtre. *C'est un sable campinien de bonne qualité.*

A deux cents mètres de l'endroit où l'échantillon a été prélevé, on extrait du sous-sol une terre argilo-limoneuse, qui sert à la fabrication de tuiles. Il n'est pas inutile de faire remarquer que les couches d'argile en affleurement se rencontrent assez rarement en Campine. Ainsi l'on a constaté, lors du creusement du canal de la Campine — il a une longueur totale de 60,000 mètres — que ces couches n'existaient que sur une longueur de 250 mètres (1).

Le tuf ferrugineux ou alios constitue également une couche imperméable et y est beaucoup moins rare.

C'est un grés quartzeux de couleur brune-noirâtre qui se forme dans les plaines sableuses et les landes couvertes de végétation. D'après M. de Lapparent, l'alios est formé de grains quartzeux, agglutinés par des matières organiques et par un ciment d'oxide de fer hydraté.

(1) Kummer : *Défrichements des bruyères de la Campine*, p. 37, Bruxelles, 1845.

Les faibles quantités de chaux, dit M. Risler, que la terre végétale renferme à l'état de silicate se transforment en carbonates et sont entraînées par les pluies dans le tuf qui forme le sous-sol (1).

Cependant des analyses chimiques de M. Grandeau prouvent que l'alios est, dans certains cas, absolument dépourvu de calcaire (2).

M. Faye a établi que ce grés résulte de l'entraînement par dissolution, des matières organiques de la surface et de la concentration qui s'opère en été par l'évaporation de la nappe souterraine d'infiltration, à un niveau à peu près constant. De cette façon, à mesure que la nappe baisse, les éléments se déposent au milieu du sable et lui servent de ciment (3).

On le trouve à des profondeurs très variables : de $0^m30$ à $1^m20$.

Son épaisseur varie généralement de $0^m07$ à $0^m14$ ; rarement elle atteint $0^m25$ ; quelquefois, elle se réduit à $0^m02$ (4). Cependant il atteint parfois 75 centimètres.

Le tuf, tel qu'on le retire du sol, constitue une roche d'une assez grande dûreté ; néanmoins il se délite facilement à l'air. Il a été constaté que dans les terrains défoncés le tuf se reforme à la longue. Et cependant le défoncement préalable est indispensable si on veut mettre en valeur un terrain où le tuf se trouve à une faible profondeur. En effet, cette couche est complètement imperméable à l'eau et aux racines.

(1) Risler : *Géologie agricole*, p. 67. Tome I. Paris, 1884.

(2) Grandeau : *Annales de la station agronomique de l'Est*, p. 360. Paris, 1878.

(3) Faye *in* de Lapparent. Op. cit. p. 336.

(4) Buerstenbinder : *Verbesserung des Bodens*, p. 7 et suiv. Berlin, 1886.

Au point de vue cultural, les inconvénients du tuf sont nombreux (1). Nous ne citerons que les principaux :

1° Le sol se dessèche rapidement en été ;

2° Il est inondé en hiver et la culture en billons est indispensable.

3° Dans ces terres, le pin sylvestre ne réussit guère. Il ne s'accroit plus en hauteur après quelques années de végétation.

4° La présence du fer près de la surface semble favoriser le développement d'une végétation adventice, notamment des plantes acides.

On exploite actuellement en plusieurs endroits, notamment dans les environs de Hasselt, le tuf ferrugineux, quand sa richesse en fer est assez élevée.

Nous croyons que ce que les auteurs ont dit sur cette formation n'est pas partout applicable.

M. de Lapparent (2) en distingue deux espèces :

« C'est à des infiltrations généralement venues de la surface que doit être attribuée la transformation des sables et autres dépôts meubles en roches agglomérées, soit en couches, soit en rognons. Dans un grand nombre de sables, l'élément ferreux sur oxydé se concentre dans certaines parties et donne naissance à des grès ferrugineux, tantôt compacts, tantôt géodiques, souvent assez riches pour être exploités comme minérais de fer. Mais la plupart de ces transformations sont l'œuvre des périodes géologiques antérieures. Il n'en est pas de même d'un produit, certainement contemporain, à la naissance duquel on assiste dans maint endroit ; nous voulons parler de *l'alios*.

(1) Eenens : *Fertilisation des Landes* p. 118-119. Bruxelles, 1849.
Kummer : *Rapport du* 8 *Janvier* 1840 *sur le défrichement des bruyères de la Campine*, p. 1 et suiv.

(2) De Lapparent, op. cit. p. 323. 1883.

« L'alios est un grès quartzeux, d'un brun noirâtre, qui existe fréquemment à une faible profondeur dans les plaines sablonneuses. L'alios est composé de grains quartzeux, agglutinés par des matières organiques et par un ciment d'oxyde de fer hydraté, qui le rend dur et ferrugineux ».

Le minérai des prairies, exploité dans les environs de Hasselt, et qui parfois ne se trouve qu'à une profondeur de 20 centimètres, est souvent riche en phosphore, aussi la métallurgie belge ne l'utilise guère en ce moment.

Plusieurs expériences montrent que le grès ferrugineux se reforme ; même il se forme actuellement du minérai exploitable. On nous cite des prairies d'où l'on extrait actuellement pour la troisième fois du minérai de fer pour la métallurgie.

Il n'est pas admissible que des couches de 20 à 50 centimètres d'épaisseur se forment par l'entraînement du rare fer contenu dans le sable de la surface.

Dans le minérai exploité, on rencontre parfois des aggrégats, à cassure miroitante, à couches concentriques, d'une faible densité et contenant des matières organiques. L'humus de la surface aura contribué à leur formation.

On casse, en certains endroits, le minérai ferrugineux sur place, il est soumis à un lavage qui entraîne une notable quantité de sable qui y entre : cependant ce dernier n'y entre souvent que pour une proportion relativement peu élevée.

Nous avons vu aussi des grès, qui contenaient certainement de 60 à 80 p. % de sable agglutiné : on les reconnaît à simple vue.

Il n'y a qu'une seule hypothèse qui permette d'expliquer suffisamment ces formations actuelles et, peut être, aussi les formations plus anciennes : c'est le mouvement de l'eau dans le sous-sol. Les nappes d'eaux souterraines, les eaux

circulant dans le sous-sol, dissolvent des matières ferrugineuses, les diffusent à travers des sols, originairement peu ferrugineux, comme les sables campiniens. Non loin de la surface du sol, l'évaporation de l'eau précipite l'hydroxyde de fer. Cette hypothèse expliquerait le fait que les couches ferrugineuses sont souvent les plus puissantes dans les bois, dans les prairies, où l'évaporation de l'eau, due à la végétation, est très active.

Il s'en suivrait qu'il est avantageux d'extraire le grès ferrugineux, pour favoriser un nouveau dépôt de minérai, l'ancien empêchant l'évaporation de l'eau. L'expérience semble déjà justifier cette conclusion.

La formation du « fer des prairies » — ainsi qu'on le désigne parfois — doit être en rapport avec le sous-sol, ce qui permettrait d'expliquer, encore mieux, sa localisation près des cours d'eau.

Souvent, croyons-nous, le dépôt est diestien. En Campine, « l'aire occupée par le substratum (1) diestien doit être tout autrement comprise et bien plus étendue que ne l'indique la carte de Dumont ».

Dans certaines parties de la Campine les terrains de bruyères n'ont presque pas de valeur, parce qu'on ne peut les défricher d'une manière économique ni pour le boisement, ni pour la mise en culture. Les causes qui concourent à rendre le défrichement impossible, sont surtout les suivantes : la possession (2) de la bruyère par la commune (3), l'éloignement des voies de communication, l'étrépage, l'ari

(1) Van den Broeck, *Nouvelles observations*, etc. p. 6

(2) *Défrichement des bruyères de la Campine*. Bruxelles, 1843.

(3) Cependant plusieurs communes, subsidées par l'Etat, ont commencé le boisement des bruyères. Malheureusement beaucoup de ces plantations sont faites d'une manière empirique et tout à fait primitive.

dité du sol, l'excès de l'eau dans le sous-sol et l'absence de pente pour établir un bon drainage, la présence du tuf dans le sous-sol ou des cailloux ardennais à la surface et surtout l'extrême pauvreté du sol en acide phosphorique, chaux et azote. Il n'est donc pas étonnant qu'une grande partie de la Campine se trouve encore à l'état de bruyère.

Et encore quelle bruyère !

Les landes de la France, écrit un auteur français, sont de véritables oasis en les comparant aux bruyères de la Campine (1). Cette pauvreté de la végétation est certainement due en partie au système de culture suivi dans la région. Là où on ne pratique pas l'*étrèpage* de la bruyère, la végétation est relativement vigoureuse comme, par ex., entre Mechelen s/M. et Asch.

Dans ces dernières années cependant, les boisements en Pin sylvestre ont été nombreux.

Dans lès vallées, le long des ruisseaux, partout où l'eau ne fait pas défaut, on a créé des prairies qui sans apport de phosphates ne produisent cependant qu'une herbe de peu de valeur.

Le long du canal de la Campine et là où la topographie des lieux et l'abondance des eaux le permettent, on a ou on tend à créer des prairies irriguées (2).

Nous admettons avec M. Kummer et tous ceux qui se sont occupés de défrichements, qu'il n'existe aucune cause inhérente au sol qui puisse s'opposer à la fertilisation des bruyères (3).

Pour nous, la question de défrichement est avant tout

(1) Alix Sauzeau : *La Campine ou les bruyères et les landes*. p. 63.
(2) Keelhof : *Les irrigations de la Campine*. Bruxelles, 1888.
(3) Kummer : *Mémoire sur l'intervention projetée du Gouvernement dans les défrichements des bruyères de la Campine*. 1843.

une question d'économie rurale. Ce n'est que dans certains cas et certaines conditions que ce travail peut se faire d'une manière économique.

La culture est ici essentiellement extensive ; même trop extensive à notre avis. Non pas que nous voudrions voir le cultivateur de la Campine se livrer à une culture ultra intensive. Ce système serait aussi et même plus irrationnel que le premier.

Nous voulons seulement faire remarquer qu'il oublie le proverbe :

« *Qui trop embrasse mal étreint.* »

En Campine, on cultive bien souvent mal parce qu'on exploite une trop grande surface avec un capital absolument insuffisant. Combien de fois n'arrive-t-il pas que le cultivateur ne possède pas la quantité de fumier nécessaire pour fertiliser convenablement les terres qu'il a en culture ? Ce fait se produit d'autant plus souvent que l'agriculteur ne peut pas réserver exclusivement pour les terres arables l'engrais de ferme produit : il doit fumer les prairies.

Il est vrai d'ailleurs que dans les prairies on devrait remplacer complètement le fumier d'étable par les engrais chimiques.

On ne devrait jamais perdre de vue qu'il y a plus de bénéfice à exploiter convenablement une petite propriété que de mal exploiter une grande ferme.

Mais la culture est, en général, non seulement trop extensive mais encore spoliatrice. En effet pour maintenir la fertilité du sol, combien de cultivateurs ne sont pas obligés d'enlever la bruyère, d'*étrèper* la lande sur de larges surfaces afin de condenser sur une petite superficie les éléments fertilisants enlevés par la flore spontanée au sol ?

Le système de culture généralement pratiqué dans la région de la Campine a été décrit par de Laveleye (1).

L'étrèpage et le *ratelage des sapinières* finira peut-être par rendre stérile une grande partie de la Campine.

Et cependant les aiguilles de pin qui jouent un rôle si utile dans les pinières, n'ont presque aucune valeur comme litière.

En effet, la litière provenant des sapinières est très pauvre en éléments fertilisants (2).

Dix mille k^os^ d'aiguilles de pin sèches ne renferment pas autant d'acide phosphorique que 100 k^os^ de phosphates de scories, à 16 p. %.

L'élément fertilisant qui manque le plus dans les sables campiniens est certainement l'acide phosphorique. Tout le démontre : le système de culture suivi, l'analyse du sol par la plante, l'analyse chimique du sol et des récoltes, la flore spontanée et l'examen de la végétation, l'examen minéralogique du sol et enfin la réduction du squelette des animaux (3).

Ne dirait-on pas que les lignes suivantes de Risler ont été écrites pour la Campine ?

« Ce sont des terres riches en potasse, mais pauvres en chaux et en acide phosphorique, caractère presque général des terres granitiques.

Sans amendements calcaires, ces terres ne peuvent donner ni blé, ni trèfle, aucune légumineuse. On se borne à y cultiver du seigle, de l'avoine, des pommes de terre, du sarrasin, du millet, des choux, etc.

(1) DE LAVELEYE : *Essai sur l'économie rurale de la Belgique*. Bruxelles, p. 156.

(2) WOLFF : *Les engrais*. Traduction Damuseaux, p. 129-131.

(3) HYAC. VANDERYST : *Het gebruik der metaalslakken in de Kempen*. Hasselt, 1889, p. 7. et suiv.

Les fermes n'ont donc pour ressources que les prés des parties basses pour produire des fourrages, et le fumier, transporté sur les terres hautes, y ramène un peu de chaux et d'acide phosphorique, assez pour certaines plantes, pas assez pour d'autres, assez pour une culture pauvre et extensive, pas assez pour une culture active, riche, intensive.

Ailleurs, le bétail va pâturer sur les landes et ramène ainsi à la ferme une partie des principes fertilisants qui se sont concentrés dans les ajoncs dont il mange les jeunes pousses et dans l'herbe qui croît autour d'eux. Toutes les plantes qui forment la végétation naturelle des landes, des bruyères dans les parties les plus maigres, l'ajonc, les fougères, dans les meilleurs fonds, condensent en quelque sorte les traces de chaux et d'acide phosphorique qu'elles y trouvent disséminées.

Elles en trouvent même dans le terrain où le chimiste le plus habile ne pourrait pas en découvrir (1), et, pour mettre plus complètement et plus rapidement ces matières minérales à la disposition des récoltes qu'il cherche à obtenir, le cultivateur breton emploie deux moyens : tantôt il *étrèpe* la lande, c'est-à-dire, il enlève, à l'aide d'un instrument appelé *étrèpe*, les bruyères, etc., qui s'y sont développées avec quelques centimètres de terre et de gazon. Il emploie le tout comme litière dans les étables, ou bien il en fait des composts, après l'avoir laissé pendant quelque temps dans la cour de la ferme. » (2)

Un autre inconvénient du sable campinien est la présence, en beaucoup d'endroits, d'une grande quantité d'humus

(1) M. Proost a soutenu depuis longtemps, pour ce motif, que le sable de la Campine devait être riche en potasse, bien que l'analyse chimique — telle qu'on la faisait — n'en décélait guère.

(2) Risler : *Géologie agricole*, p. 38.

noir, « taube Humus » ou « Heidehumus » des Allemands. A défaut de bases capables de saturer les acides organiques, ceux-ci restent libres. Cet humus est d'une stérilité presque absolue.

Dans son beau travail sur les terres sablonneuses, Birnbaum (1) dit que la *destruction* de cet humus ou sa *transformation* s'impose lors du défrichement. La chaux, la marne, le fumier d'étable, la kaïnite, les fumures vertes peuvent servir à le modifier.

En Campine, nous avons vu, dans des défrichements de bruyère, en vue de la plantation de pins sylvestres, nous avons vu les cultivateurs enfouir la couche supérieure noire et amener le sous-sol à la surface.

Ceux qui défrichent la bruyère, pour sa mise en prairie ou en culture, amènent à grands frais de grandes quantités de boues de ville que l'on répand à la surface du sol. C'est évidemment trop coûteux à moins de circonstances très favorables.

### LE SABLE DIESTIEN.

Les sables diestiens se sont déposés pendant l'ère *tertiaire ;* ils appartiennent à l'étage moyen du *pliocène*. « Ils sont très glauconifères, et passent au sable et au grès ferrugineux par altération de la limonite due aux infiltrations des eaux météoriques, ce qui explique la teinte rougeâtre qui affecte si souvent les roches diestiennes. Ils représentent fréquemment une fausse stratification due à la même cause et qui se manifeste par la disposition oblique des plaquettes de grès. » (2)

D'après Ortlieb ces sables seraient d'origine fluviale.

(1) Birnbaum : *Der Sandboden*, p. 112. Breslau, 1887.
(2) Mourlon : *Géol. de la Belg.* p. 266.

« Les dépôts diestiens, du nord de la France et de Belgique, dit de Lapparent, en particulier les grès ferrugineux qui couronnent la hauteur des Noires-Mottes, au Cap Blanc-Nez, seraient, d'après M. Ortlieb, des dépôts d'origine fluviale, formés par un grand fleuve qui, ayant sa source en Angleterre, aurait déversé ses eaux par Folkestone dans la mer pliocène entre Gand et Louvain. » (1)

Cette hypothèse doit être abandonnée aujourd'hui. D'après Van den Broeck, elle doit faire place à la thèse d'une mer peu profonde couvrant toute la basse Belgique et s'ouvrant largement vers le Nord

Dans les environs d'Anvers « les sables diestiens sont généralement immergés dans la nappe aquifère superficielle. Ils sont alors représentés par des sédiments meubles, peu ou point altérés, c'est-à-dire ni oxydés ni décalcifiés. Ces sables de coloration foncée : grise, noirâtre ou verdâtre, sont très glauconifères et ils contiennent par places de nombreux fossiles bien conservés, avec leur test calcaire. » (2)

Dans le Limbourg les sables diestiens se rencontrent à des altitudes variables. « Exposés aux intempéries et aux influences spéciales de l'infiltration des eaux météoriques, les sables glauconifères diestiens s'altèrent alors profondément et se changent en sables et en grès ferrugineux... Le test des fossiles a alors disparu par dissolution des éléments calcaires, sous l'influence de l'acide carbonique des eaux pluviales et c'est cette circonstance qui a le plus contribué, pendant longtemps, à laisser croire, malgré quelques observations isolées, faites anciennement par Ch. Lyell, Dumont, Nyst et Bosquet, que ces sables ferrugineux

(1) De Lapparent : Ouvr. cité, p. 1215.

(2) Van den Broeck : *Note sur un nouveau gisement de la Terebratula grandis.* Bul. soc. Belge de Géologie. T. I, p. 49. Bruxelles, 1887.

ne contenaient point de fossiles..... Partout dans ces sables ferrugineux, les fossiles ont eu leur test dissous et ils sont représentés par de simples empreintes, faciles toutefois à recueillir et à déterminer avec certitude. » (1)

Parmi les fossilles qu'on y trouve domine *Terebratula grandis*. Il en existe un gisement au Bolderberg.

Le sable diestien affleure dans le Limbourg à Tessenderloo, Oostham, Lummen, Pael, Beeringen, Heusden, Coursel, etc. Le sable diestien, quoique plus pauvre en calcaire que le sable campinien, est cependant un peu plus fertile que ce dernier. Comme nous le verrons plus loin, il est notamment plus riche en acide phosphorique.

Cet élément semble ne pas avoir été enlevé, par les eaux d'infiltrations, en aussi forte quantité que la chaux : ce qu'on doit certainement attribuer à la nature des combinaisons dans lesquelles cet élément était engagé.

Le Démer divise la section agricole de Diest en une zône sablo-argileuse et une zône sablonneuse (2).

La partie sablo-argileuse qui s'étend assez loin dans le Brabant est relativement fertile. La partie sablonneuse s'étend vers le Limbourg, elle est beaucoup moins fertile. On y a adopté à peu près le même système de culture qu'en Campine.

### SABLES TONGRIENS.

Le Système tongrien se compose dans les environs de Tongres de deux termes stratigraphiques très différents, les sables de Neerepen et les sables de Vliermael.

Nos essais culturaux ont porté exclusivement sur les premiers.

(1) Ibid. p. 50.

(2) D. V. S. : *Essais de culture intensive au moyen des engrai chimiques*. Bruxelles, 1876, p. 57.

Ce sont « des sables blanchâtres, plus grossiers, meubles, généralement non stratifiés, prenant parfois une teinte chocolatée sous l'influence de matières ligniteuses et qui paraissent entièrement depourvus de fossiles (1). »

Dans notre pays, les sables tongriens se rencontrent surtout dans les environs de Tongres ; ils affleurent rarement sur une grande superficie ; ils sont généralement recouverts par le limon hesbayen avec lequel ils se mélangent parfois en plus ou moins grande proportion, pour donner naissance à une terre arable plus ou moins sablonneuse. Le sable de Neerepen qui a servi pour nos expériences provient d'une sablonnière des environs de Tongres ; il est blanc, très fin, pailleté de mica. Il sert à Tongres pour la fabrication du mortier. Comme l'analyse chimique l'indique, il est presque absolument dépourvu de matières organiques ou d'humus.

Les sables de Neerepen sont moins fertiles que les sables de Vliermael qui sont fins, argileux, glauconifères et très fossilifères. Ceux-ci affleurent à Vliermael, Lethen, Hoesselt, Grimmetingen, etc.

« Le système tongrien (2) ne présente guère qu'une épaisseur de 5 à 6 mètres dans ses affleurements ; mais.... il atteint plus de 21 mètres au puits artésien de Hasselt (3). »

## ANALYSE CHIMIQUE DES SOLS.

Nous ne possédions jusqu'à présent que deux analyses incomplètes du sable campinien, publiées par M. Peter-

(1) Mourlon : *Géologie de Bel.* p. 250.

(2) Id. ibid. p. 251.

(3) D'après André Dumont : (*Coupe du puits artésien de Hasselt, Bullet. Acad. royal.* Belg. 1852, tome XIX, 1re partie, page 29.) la puissance est de 26 m. 85 à Hasselt.

mann (1). Elles renseignent seulement les éléments solubles à froid dans l'acide chlorhydrique concentré.

Il n'est pas douteux cependant que des matières minérales insolubles dans les acides forts puissent être absorbés par certaines plantes. Des essais de végétation sur des plaques polies, prouvent que les racines des plantes peuvent corroder les roches les plus dures, feldspaths (2), etc.

D'après ces analyses, le sol de bruyère ne renferme que 49 kilogr. de magnésie par hectare et pour une couche de 20 centimètres d'épaisseur ; une terre qui ne renfermerait que cette quantité devrait être absolument stérile.

A la station agricole de Gembloux, sous la direction de M. Petermann on a exécuté l'analyse complète des sols que nous avons étudiés.

**DENSITÉ DE LA TERRE SÉCHÉE A L'AIR.**

| SABLE CAMPINIEN | SABLE DIESTIEN | SABLE TONGRIEN | LIMON HESBAYEN (sous-sol) |
|---|---|---|---|
| 1.310 | 1.505 | 1.325 | 1.220 |

I. — *Analyse mécanique de la terre séchée à l'air.*

| | | SABLE CAMPINIEN | SABLE DIESTIEN | SABLE TONGRIEN | LIMON HESBAYEN |
|---|---|---|---|---|---|
| Résidu sur le tamis de 1 millim. | Débris organiques | 0.5 | 14.3 | 0 | 0 |
| | " minéraux | 94.4 | 81.6 | 99.3 | 77.3 |
| Terre fine | Sable | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 12.2 |
| | Argile | | | | |
| Pouvoir absorbant de la terre fine pour l'eau | | 28.5 % | 30.2 % | 28.3 % | 40.3 % |

(1) PETERMANN : *Recherches de chimie et de physiologie appliquées à l'agriculture* p. 560. Bruxelles 1886.

(2) MUNTZ et GIRARD : *Les engrais*, tome, I, p. 59. Paris 1888.

| 1000 PARTIES DE TERRE FINE RENFERMENT | | SABLE CAMPINIEN | SABLE DIESTIEN | SABLE TONGRIEN | LIMON HESBAYEN |
|---|---|---|---|---|---|
| Soluble à froid dans l'acide chlorhydrique. | Eau | 13.12 | 12.75 | 0.90 | 65.80 |
| | Matières combustibles (1) | 28.24 | 25.84 | 4.04 | 39.41 |
| | Oxyde de fer et d'alumine | 7.27 | 29.84 | 1.19 | 21.16 |
| | Chaux | 0.55 | 0.55 | 0.84 | 3.33 |
| | Magnésie | 0.33 | 0.18 | 0.12 | 0.48 |
| | Soude | 0.32 | 0.28 | 0.22 | 0.33 |
| | Potasse | 0.22 | 0.51 | 0.14 | 0.75 |
| | Acide phosphorique | 0.12 | 0.43 | 0.19 | 0.52 |
| | » sulfurique | 0.16 | 0.11 | 0.07 | 0.10 |
| | » carbonique | 0.00 | 0.00 | 0.00 | Traces |
| | » silicique | 0.04 | 0.07 | 0.01 | 0.03 |
| | Chlore | 0.02 | 0.02 | Traces | Traces |
| Insoluble dans l'acide chlorydrique | Potasse | 20.26 | 25.37 | 20.11 | 31.75 |
| | Chaux | 9.50 | 0.70 | 5.21 | 7.60 |
| | Magnésie | 12.91 | 8.03 | 13.49 | 10.08 |
| | Acide phosphorique | Point | Point | Point | Point |
| (1) Renfermant | | | | | |
| Azote | Organique | 0.31 | 0.29 | 0.09 | 0.07 |
| | Ammoniacal | Point | Point | Point | Point |
| | Nitrique | 0.09 | 0.06 | Point | 0.02 |
| | Total | 0.40 | 0.35 | 0.09 | 0.09 |
| Matière noire de Grandeau | | 15.71 | 5.84 | 0.08 | 0.17 |
| Réaction | | Neutre | Acide | Neutre | Neutre |

La terre fine de la couche arable d'un hectare jusqu'à la profondeur de 20 centimètres renferme donc en kilogr. :

| | SABLE CAMP. | | SABLE DIEST. | | SABLE TONG. | | LIMON HESB. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Soluble HCl | Insolub. HCl | Soluble HCl | Insolub. HCl | Soluble HCl | Insolub. HCl | Soluble HCl | Insolub. HCl |
| Acide phosphor. | 314 | Point | 1110 | Point | 504 | Point | 1269 | Point |
| Potasse . . . | 576 | 53081 | 1316 | 65474 | 371 | 53292 | 1830 | 77470 |
| Chaux . . . | 1441 | 24890 | 1419 | 1807 | 2226 | 13807 | 8125 | 18544 |
| Magnésie . . | 865 | 33824 | 465 | 20724 | 318 | 35749 | 1171 | 24595 |
| Azote. . . . | 1048 | | 903 | | 239 | | 220 | |

## COMPOSITION PHYSIQUE.

Les propriétés physiques du sol influent évidemment sur la croissance des différentes espèces de plantes. On peut même affirmer que la localisation de certaines espèces dans des régions à sol géologiquement différent dépend autant de la composition physique que de la composition chimique du sol (1).

Quoique l'étude des conditions physiques du sol soit donc très importante, nous ne pouvons nous y arrêter longuement. Le cadre de notre travail ne nous permet que d'étudier très sommairement les propriétés physiques des sols mis en expérience au point de vue comparée. Pour le

(1) Van Tieghem : *Traité de botanique.*
de Lapparent : *Traité de géologie.*
Birnbaum : *Der Sandboden.*
Grandeau : *Annales de la station agronomique de l'Est.* P. 3 et suiv.
F. Senft : *Fels und Erdbodem.* P. 364 et suiv.

surplus, nous renvoyons les lecteurs aux ouvrages qui traitent ex professo de la question (1).

Nous résumons dans le tableau ci-dessous les résultats de l'analyse physique des différents sols.

**COMPOSITION ET PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU SOL.**

| | Poids spécifique | % de terre fine | % argile dans terre fine | % sable dans terre fine | Matières combustibles % | Matières noires de Grandeau % | Pouvoir absorbant terre fine pour eau | Réaction |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Campinien | 1.310 | 99.5 | 0.3 | 94.4 | 28.24 | 15.71 | 28.5 | Neutre |
| Diestien | 1.505 | 85.7 | 0.3 | 81.6 | 25.84 | 5.84 | 30.2 | Faiblement acide |
| Tongrien | 1.325 | 100 | 0.2 | 99.3 | 4.04 | 0.08 | 28.3 | Neutre |
| Limon hesbayen (sous-sol) | 1.220 | 100 | 12.2 | 77.3 | 27.16 | 0.17 | 40.3 | Neutre |

*Poids spécifique.* — Le tableau ci-dessus nous permet de constater immédiatement que le poids spécifique de ces différents sols est très variable.

Les sols limoneux et argileux pèsent moins que les sols sablonneux. Ceux-ci sont appelés terres légères parce qu'elles sont moins tenaces et adhèrent moins aux instruments. La tenacité des sols n'est nullement en rapport avec leur poids spécifique.

Beaucoup d'auteurs admettent que la couche arable d'un

(1) SCHUBLER : *Bibliothèque britannique. Agriculture.* T. XX, p. 248.
DE GASPARIN : *Mémoires de la Société centrale d'agriculture.* 1827. T. I.
DE GASPARIN : *De la connaissance des terrains agricoles.* Bruxelles. 1854
MASURE : *Leçons élémentaires d'agriculture.* Paris, 1867. Tome II.

hectare prise jusqu'à la profondeur de 20 centimètres a un poids moyen de 4,000,000 kilogr (1). C'est une erreur.

Voici le poids de la terre d'une couche de 20 centimètres d'épaisseur par hectare pour un certain nombre de sols dont nous possédons l'analyse :

| | |
|---|---|
| Sable campinien . | 2,620,000 |
| Id. diestien . | 3,010,000 |
| Id. tongrien . | 2,650,000 |
| Limon hesbayen . | 2,440,000 |

Cependant la densité de la terre *in situ* peut être légèrement supérieure à celle de la terre enlevée et remuée.

*La finesse.* — Toutes choses égales, une substance est d'autant plus *soluble* qu'elle est plus finement moulue ; de même un élément fertilisant est d'autant plus *absorbable* qu'il se trouve dans le sol en un état plus divisé.

On peut en conclure que plus les éléments fertilisants contenus dans un sol sont fins, et plus ce dernier est fertile, toutes choses égales. Il est donc important de connaître la *finesse réelle* du sol.

Les analyses ne renseignent en général que la quantité de terre fine qui passe au tamis de 1 mm. Cela ne suffit pas. La surface offerte à l'absorption, à la désagrégation, etc. est d'autant plus grande que les particules sont plus petites. Les véritables organes absorbants, les poils radicaux sont microscopiques et d'une durée éphémère ; les organes absorbants des plantes se déplacent donc en quelque sorte dans le sol : plus ce dernier sera fin, mieux ses éléments fertilisants sont disséminés et mis en contact avec les poils radicaux.

(1) Joulie, *La production fourragère par les engrais*, p. 100, Paris 1887.

Le sable tongrien a une plus grande *finesse absolue* que le sable diestien ; les grains de glauconie y sont plus fins.

Le limon hesbayen est riche en fine glauconie ; de minces paillettes de mica potassique y abondent. Plus ces substances sont fines et plus elles deviendront rapidement absorbables sous l'influence combinée des agents météorologiques, du travail du sol, des amendements et des plantes elles-mêmes.

La composition chimique du limon hesbayen ne s'écarte pas beaucoup de celle du sable diestien. Si le premier est beaucoup plus fertile, on doit l'attribuer en grande partie, croyons-nous, à son extrême finesse (1).

Risler et Coulomb-Pradel (2) ont montré l'importance qu'on doit attacher à la finesse du sol si on veut déterminer sa fertilité en se basant sur sa composition chimique.

Plus une terre est fine et moins elle doit renfermer de matières fertilisantes pour être fertile.

La *finesse relative* est à peu près la même pour les sables campinien, tongrien et le limon hesbayen. Le sable diestien, par contre, renfermait environ 15 % de substances qui ne passent pas au tamis de 1 millimètre.

*Argile.* — Le dosage de l'argile est fait d'après la méthode Schloesing. Cet auteur a constaté qu'il y a deux variétés d'argile : l'argile *cristalline* et l'argile *amorphe*. Ces deux argiles sont loin d'avoir les mêmes propriétés. La première a presque les mêmes propriétés que les sables fins. « Les propriétés de l'argile amorphe, dit Schloesing, permettent de les classer parmi les corps colloïdaux. Comme eux, elles soudent, elles collent, se délayent, se

(1) La proportion d'humus noir explique aussi la différence dans la fertilité.

(2) Risler et Coulomb-Pradel, Ouv. cité, p. 10.

divisent dans l'eau et y demeurent suspendues ; mais elles sont précipitées par de faibles quantités de sels et d'acides divers, semblables en cela à la silice et à l'alumine colloïdale préparées par Graham ; enfin elles se combinent avec des corps essentiellement colloïdaux, comme les humates des terres arables. » (1)

Or ces deux variétés d'argile se rencontrent dans les sols en proportion très variable et jusqu'à présent il n'existe aucun moyen pratique de les séparer.

On remarquera que les sols limoneux sont loin d'être riches en argile. Nous pouvons ici répéter avec Schloesing : « Le dosage de l'argile montre combien sont exagérés les nombres cités par la plupart des auteurs qui se sont occupés de la question. »

*Les différents sables sont excessivement pauvres en argile.* Il n'est pas douteux qu'il doit être avantageux d'amender ces sols par la marne argileuse et même par l'argile proprement dite.

On objectera, peut-être, que l'amendement par l'argile n'a pas donné de grands avantages en Campine ; mais il suffit de rappeler que sans introduction d'acide phosphorique dans notre sol, tout autre travail est inutile et sans effet.

En 1848, on écrivait (2) que la plupart de nos landes sablonneuses « ne renferment que de 7 à 10 pour cent d'argile » ! .... « que le défrichement, par le fumier seul, des terres qui contiennent moins de 10 pour cent d'argile, n'est guère praticable, à moins de pouvoir en faire des

(1) Schloesing *in* Peligot : *Traité de chimie analytique*. Paris, 1883. P. 155.

(2) Bullet. *Acad. roy. de Belg.* 1848, 2e partie, p. 641 et sqq. Rapport de M. Martens.

pâturages à l'aide de l'irrigation.... En général, il conviendrait de pouvoir, à l'aide des amendements, porter au moins à 15 pour cent la proportion d'argile de la couche végétale de nos landes sablonneuses » !

* * *

*Le pouvoir absorbant du sol.* — Le pouvoir absorbant d'un sol devrait être examiné à plusieurs points de vue :

1° Pouvoir absorbant pour l'eau,

2° id. id. pour les engrais,

3° id. id. pour les gaz et surtout pour l'oxygène et l'ammoniaque.

4° Pouvoir absorbant pour la chaleur.

Le sol absorbe l'eau pluviale et dans certaines circonstances la vapeur d'eau qui se trouve dans l'air. Ce dernier phénomène n'est d'ailleurs possible que si le sol est très sec : il faut que la tension de la vapeur d'eau dans le sol soit inférieure à celle de l'air. La rosée fournit annuellement une certaine quantité d'eau aux plantes ; elle est absorbée aussi longtemps que le sol n'est pas saturé. L'eau sert aux plantes comme aliment et comme véhicule des substances nutritives ; dans le sol, elle joue en outre le rôle d'agent de diffusion. La quantité d'eau dont les plantes cultivées ont besoin pour végéter normalement est considérable ; mais elle varie jusqu'à un certain point en raison inverse de la richesse du sol en éléments fertilisants et on peut affirmer avec Davy (1) que l'eau peut jusqu'à un certain point supléer aux engrais et vice versa. Schubler (2) a fait quelques expériences pour déterminer le pouvoir

(1) Davy, *Météorologie agricole*, p. 280.
(2) Schubler in *Masure*, op. cit. p. 256 et sqq.

absorbant de différents sols pour l'eau. Nous donnerons ici seulement les résultats obtenus dans le sable siliceux pur, l'argile pure « *purifiée par l'ébullition et l'eau de tout le sable fin* » et l'humus non acide.

| | EAU ABSORBÉE | DESSÉCHEMENT | HYGROSCOPICITÉ |
|---|---|---|---|
| | Poids d'eau retenue par 100 grammes de terre | Poids d'eau évaporée en 4 h. d'une terre mouillé avec 100 gram. d'eau | Poids d'eau absorbée dans un air saturée par 100 gr. de terre |
| | Grammes | Grammes | Grammes |
| Sables siliceux | 25 | 88.4 | 0.0 |
| Argile pure | 70 | 31.9 | 5.9 |
| Humus | 190 | 20.5 | 12.0 |

C'est donc l'humus qui a le plus grand pouvoir absorbant et qui retient le mieux l'eau, il possède au plus haut degré la propriété d'enlever de l'eau à l'air ambiant. Cependant nous croyons que l'humus acide, les humates insolubles, le « taube humus », en un mot, ont un faible pouvoir absorbant pour l'eau. Tel paraît être aussi l'avis de M. *Birnbaum* (Op. cit. p. 112).

Le pouvoir absorbant d'un sol pour l'eau est d'autant plus grand que le sol est plus *riche en bon humus, en argile et en substances minérales qui ont une grande affinité pour l'eau* et enfin qu'il est plus fin.

Le limon vierge est le plus fin, le plus riche en matières organiques et en argile ; aussi c'est lui qui a le plus grand pouvoir absorbant pour l'eau. Le sable tongrien est le moins riche en humus et en argile et cependant son pouvoir

absorbant pour l'eau est un peu plus élevé que celui du sable campinien renfermant le 1/3 d'argile et 7 fois plus de matières organiques.

On doit certainement attribuer ce fait à l'extrême finesse du sable tongrien. Il importe cependant de faire remarquer que si celui-ci peut absorber autant d'eau que le sable campinien, il ne possède pas à un degré aussi élevé le pouvoir de la retenir.

Les sables campinien et diestien renferment la même quantité d'argile, mais le premier renferme plus de matières organiques que le second.

Or le pouvoir absorbant du diestien est le plus élevé ; la cause pourrait en résider :

*a*) dans la finesse du sable, ce qui n'est pas le cas, le sable campinien est plus fin,

*b*) dans la présence dans le diestien de plus de matières minérales capables d'absorber de l'eau,

*c*) Enfin — et c'est là notre avis — dans les proportions différentes d'humus noir.

Le sable campinien est beaucoup plus riche en humus noir que le diestien ; malgré une finesse plus grande, son pouvoir absorbant pour l'eau est plus faible que celui du diestien lequel contient moins de matières noires, mais plus d'humates solubles. En effet nous avons :

| | Matières organiques totales | Matières noires (taube humus) | Autres matières organiques (humates solubles) |
|---|---|---|---|
| Campinien | 28.24 | 15.71 | 12.53 |
| Diestien | 25.84 | 5 84 | 20.00 |

Depuis longtemps, on a démontré, par une expérience

bien simple — filtration du purin — que le sol peut absorber, fixer et retenir avec plus ou moins de force certains éléments minéraux. L'analyse du liquide filtré démontre que le pouvoir fixateur du sol s'exerce surtout sur les éléments fertilisants. « En premier lieu viennent la *potasse*, l'ammoniaque, l'*acide phosphorique* et, à un degré moindre la magnésie et l'acide silicique ; la chaux et la soude, dans la plupart des circonstances, sont faiblement absorbées ; par contre, l'acide sulfurique, l'acide nitrique, le chlore ne sont pour ainsi dire, nullement enlevés par le sol aux dissolutions qui les contiennent. » (1)

Plus un sol est riche en humus et en argile et plus son pouvoir absorbant pour les engrais est considérable.

Le nitrate de soude, la chaux, le plâtre le diminuent ; le sel de cuisine produit le lessivage du sol ; c'est pourquoi on ne doit jamais l'employer en trop forte quantité (2).

Le pouvoir absorbant d'un sol doit être aussi en rapport avec sa composition chimique, car beaucoup de sels sont décomposés dans le sol lors de leur absorption et la base et l'acide sont séparément fixés.

*Il peut n'y avoir aucun rapport entre le pouvoir absorbant pour l'eau et le pouvoir absorbant pour les engrais.*

### COMPOSITION CHIMIQUE.

La composition chimique des différents sols que nous avons mis en expérience varie dans des limites assez étendues. C'est certainement la teneur en éléments fertilisants qui influe le plus sur la fertilité des terres arables. L'étude de la composition chimique des différents sols cultivés, est

(1) Wolff : Op. cit., p. 65 à 73.
(2) Proost : Op. cit., p. 240.

d'une importance considérable au point de vue de la pratique agricole et il importe donc de traiter cette question avec quelques développements.

*L'acide phosphorique.* — Plusieurs auteurs ont admis que la fertilité d'une terre arable est proportionnelle à la quantité d'acide phosphorique qu'elle renferme. Ceci n'est évidemment vrai que dans certaines conditions, comme nous le verrons plus loin.

D'après Schloesing, les sols arables renfermeraient en moyenne 1 gr. 7 d'acide phosphorique par kil. de terre ; Truchot a constaté que certaines terres renferment jusqu'à 4 grammes d'acide phosphorique par kil. de terre et de Gasparin a même fait l'analyse chimique d'un sol qui en renfermait 9 gr. 6 (1).

L'analyse de 125 terres de prairies anciennes a donné à M. Joulie (2), 25 contenant plus de 100 grammes pour 100 kilogr. de terre ; 46 entre 50 et 100 grammes ; 23 de 0 à 50 grammes.

Il admet que si le sol renferme 1 pour mille d'acide phosphorique (soit 4000 kil. par hectare, en supposant la densité de 2) les engrais phosphatés ne modifient plus sensiblement les allures de la végétation.

Les quatre sols vierges dont nous nous occupons, sont loin de doser une telle quantité d'acide phosphorique. En effet, ils renferment par hectare et pour une couche de 20 centimètres d'épaisseur les quantités suivantes de cet élément fertilisant :

| | | |
|---|---|---|
| Sable campinien . . | 314 | kilogr. |
| » diestien . . | 1110 | » |
| » tongrien . . | 504 | » |
| Limon hesbayen . . | 1269 | » |

(1) Favier : *L'azote et le phosphore.* Paris, 1887, p. 55.
(2) Joulie : Op. citat, p. 92.

On remarquera que ces chiffres ne renseignent pas la quantité totale d'acide phosphorique. On fait abstraction de celle qui se trouve dans la terre qui ne passe pas au tamis de 1 millimètre. Si on tenait compte de la quantité totale, le sable diestien aurait à peu près la même richesse en acide phosphorique que le limon hesbayen du sous-sol.

Si on faisait abstraction de la forme et par conséquent de l'absorbabilité sous laquelle cet engrais se trouve, de la finesse absolue de la terre, de la répartition plus ou moins uniforme ou de l'homogénéité du sol, on en conclurait que le sable diestien et le limon hesbayen sont les deux sols où cet élément fait le moins défaut.

Et cependant, il n'en est rien.

Nous verrons plus loin que c'est dans le sable *tongrien* que cet élément fertilisant paraît se trouver — si on se base sur la végétation de l'avoine — en plus forte quantité. L'analyse du sol par la plante indique que le hesbayen sous-sol est riche en acide phosphorique.

A priori, on pourrait affirmer que cet élément faisait pour ainsi dire absolument défaut dans le sable campinien. Aussi, l'analyse du sol par la plante prouve que sans apport d'acide phosphorique dans ce sol, tous les autres engrais restent inactifs.

D'après de Gasparin (2) :

| | | |
|---|---|---|
| Un sol très riche renfermerait | 2 pour mille | d'ac. ph. |
| Un sol riche | 1 à 2 | id. |
| un sol moyennement riche | 0,5 à 1 | id. |
| un sol pauvre moins de | 0,5 | id. |

Les sols dont nous nous occupons, seraient donc d'après cet auteur tous pauvres en phosphate.

(1) Smets et Vanderyst : *Recherches expérimentales*, etc. p. 25 et 29.

(2) de Gasparin : *Traité de la détermination des terres arables dans le laboratoire* in Risler et Coulomb-Pradel, p. 34.

En effet, ils renferment pour mille :

| | CAMPINIEN | DIESTIEN | TONGRIEN | LIMON |
|---|---|---|---|---|
| Acide phosphorique | 0.12 | 0.43 | 0.19 | 0.52 |

Le sable campinien renferme donc encore quatre fois moins d'acide phosphorique qu'un sol pauvre en cet élément.

C'est évidemment en grande partie pour cette raison que par l'emploi exclusif du fumier, on n'est pas parvenu à défricher économiquement nos bruyères (1).

On a écrit beaucoup sur le défrichement de la Campine. La plupart des auteurs ayant remarqué que, à côté d'arides bruyères, on trouve des terres susceptibles de porter de très belles récoltes, ont cru pouvoir en conclure que le défrichement de la Campine pourrait se faire avantageusement et même rapidement.

Ceux-là ne se sont pas demandés quelle est la quantité de travail, de capital, d'engrais nécessaire pour réaliser ces améliorations foncières.

La chose essentielle, avant tout travail de défrichement, c'est de faire l'analyse du sol. Moreau (2) l'avait compris. Malheureusement la chimie agricole n'était pas encore assez avancée à cette époque. Très généralement, on attribuait encore une plus grande influence aux matières organiques, à l'humus, à l'argile, qu'aux aliments proprement dits, aux éléments réellement fertilisants dont une plante a besoin.

(1) « La plupart des entreprises de défrichements en grand ont échoué » de LAVELEYE : *Essai sur l'économie rurale de la Belgique.* Bruxelles, p. 152.

(2) MOREAU : *Défrichement des bruyères*, p. 17.

Que de généreuses illusions ont été détruites !

Combien de personnes n'ont pas cru qu'on pourrait rapidement, économiquement et avantageusement transformer nos landes incultes en terres très riches !

Voici ce qu'on écrivait il y a quelques cinquante ans :

« La première parmi les nations de l'Europe, la Belgique, ose entreprendre le défrichement de la partie inculte de son territoire, et de porter la production sur deux cent mille hectares de sables et de bruyères. Honneur à son gouvernement, et à l'esprit d'association industrielle ! gloire à la nation qui sait concevoir ces vastes projets, et qui peut les réaliser..... Défrichée d'après cette méthode la Campine serait une des contrées les plus fertiles de l'Europe (1). »

La plupart des défrichements en bloc ont avorté ; il est vrai que le défrichement s'est fait, maintes fois, d'une manière irrationnelle, et sans une connaissance suffisante des besoins du sol.

Une erreur des géologues entretenait les illusions des défricheurs : les géologues étaient d'accord pour identifier le *campinien* et le *flandrien*. Voyant la fertilité de ce dernier, les agronomes de l'époque croyaient que, par le travail et l'engrais, on parviendrait à donner la même fertilité à notre campinien. Mais ces deux assises, avons-nous dit, sont des assises bien distinctes et leur composition chimique peut être bien différente.

Si la composition du fumier de ferme réflète jusqu'à un certain point la composition du sol qu'on cultive, le fumier de la Campine doit être pauvre en acide phosphorique et

(1) CONSTANT : *Du défrichement des terrains sablonneux et particulièrement des bruyères de la Campine.* Bruxelles, 1839, p. 6 et 18.

*le défrichement n'est possible qu'à condition d'importer largement des phosphates minéraux.*

Dès 1871, pour ne pas remonter plus haut, on avait déjà admirablement saisi le caractère distinctif des sols de bruyère. « Si nous étions obligés de dire quelles sont les substances qui manquent le plus généralement dans nos terres sablonneuses de la Campine, nous n'hésiterions pas à répondre avec la réserve énoncée plus haut : c'est l'*azote* et l'*acide phosphorique* (1). »

Pourquoi ces idées n'ont-elles pas pu pénétrer dans la masse des cultivateurs ? Pourquoi ceux-ci n'ont-ils pas depuis longtemps employé partout les phosphates comme supplément au fumier ?

Tout simplement parce qu'on n'a jamais tâché de le leur apprendre avant la création du corps des agronomes. Il y a quatre ou cinq ans l'emploi des phosphates était ici presque entièrement inconnu. Actuellement, on emploie dans la Campine limbourgeoise annuellement plusieurs millions de kilogrammes de phosphates minéraux.

Les sables de bruyères de la Campine sont tellement pauvres en acide phosphorique qu'il doit être avantageux d'y employer des phosphates minéraux, même lorsqu'il s'agit seulement d'y créer des sapinières. En effet, Schütze a constaté que la vigueur de la végétation du pin sylvestre varie en raison directe de la quantité d'acide phosphorique contenue dans les terrains. Il a dosé :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,501 | p. | 1000 | d'ac. phosp. dans le sol des | pinières de 1e | classe. |
| 0,469 | » | » | » | 2e | » |
| 0,388 | » | » | » | 3e | » |
| 0,299 | » | » | » | 4e | » |
| 0,236 | » | » | » | 5e | » |

(1) D. V. S. *Monographies agricoles*. Bruxelles 1871, p. 17.

Le sable campinien ne renferme que 0,12 pour mille, par conséquent encore deux fois moins qu'un sol de 5e classe. Le sable diestien dépourvu de *tuf*, pourrait être rangé dans les sols de 1e classe, s'il n'y avait pas lieu de tenir compte du degré d'absorbabilité que présente cet élément fertilisant dans ce sol.

Cependant le tableau de Schutze n'a pas une valeur absolue parce qu'il ne tient compte que de la quantité totale d'acide phosphorique et nullement des différents facteurs qui peuvent influer sur son absorbabilité.

*L'azote.* — L'azote est l'élément fertilisant le plus cher et tout ce qui se rapporte à l'étude de cette question, est d'une grande importance au point de vue de la pratique agricole.

En dernière analyse tout l'azote combiné, qu'il fasse partie ou non des êtres vivants, provient de l'atmosphère.

« Si nous examinons quels peuvent être les gisements de l'azote nous trouvons, en laissant en dehors les animaux, les végétaux et leurs débris, qu'il n'y en a véritablement qu'un seul et ce gisement, c'est l'atmosphère » (1).

Un sol couvert de végétation tend à s'enrichir constamment en azote et les sols incultes en renferment toujours une quantité plus ou moins considérable (2).

Voici quelques analyses publiées par M. Petermann :

| | | |
|---|---|---|
| Sable de bruyère | 1148 | kil. d'azote. |
| Terre inculte (Paliseul) | 4054 | » |
| Bruyère (Spa) | 1402 | » |
| Bruyère (Spa) | 8530 | » |
| Sapinière (Jalhay) | 25191 | » |
| Bruyère (Jalhay) | 3164 | » |

(1) Boussingault in Favier : *L'azote et le phosphore.* Ouvrage cité.

(2) Consuiter à ce sujet Joulie : *La production fourragère par les engrais,* Paris, 1887, p. 104 et sqq.

La richesse de ces différents sols en azote varie donc dans des limites très étendues.

Les analyses faites pour le Service des Agronomes de l'État montrent que les sols de bruyères de la Campine sont relativement pauvres en cet élément fertilisant :

| | | |
|---|---|---|
| Bruyère (Peer) | 1048 | kilog. d'azote. |
| Bruyère (Lummen) | 903 | » |

Les sols non couverts de végétation et les échantillons de terre pris dans le sous-sol en sont presque dépourvus :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sable tongrien | (sous-sol) | 239 | k. d'az. |
| Limon hesbayen | (sous-sol) | 220 | » |
| Sable de la Campine | (sous-sol) | 0 | » |

En général, les échantillons de terre sont d'autant plus riches en azote qu'ils ont été prélevés à une moins grande profondeur.

Voici, à ce sujet, le résultat de quelques analyses de sols de prairies, appartenant à M. Fréderic Briers de Tongres :

| | Azote de 0 à 10 c. | Azote de 10 à 20 c. |
|---|---|---|
| Prairie Lummen | 1773 | 977 |
| » Tongres | 3065 | 1823 |
| » Gothem | 1003 | 779 |
| » Freeren | 1403 | 1392 |
| » Nederheim | 2105 | 1823 |

Il y a donc certaines causes naturelles qui tendent à enrichir en azote un sol couvert de végétation.

*a)* Le sol reçoit annuellement une certaine quantité d'azote nitrique ou ammoniacal (4 à 12 k$^{os}$ d'après les recherches les plus récentes) par les eaux pluviales.

*b)* L'azote de l'air sous l'influence d'organismes vivants peut se fixer — comme le prouvent des expériences récen-

tes — sur l'argile et l'humus, sous forme de composés amidés complexes.

*c)* La végétation spontanée s'oppose à l'entrainement de l'azote nitrique dans le sous-sol.

*d)* Certaines plantes possèdent la propriété de favoriser la fixation de l'azote (élémentaire ou combiné) de l'atmosphère, comme le prouve la pratique agricole et les expériences de Helriegel, Wilfurth, Bréal, Peterman, etc.

Si l'achat d'engrais minéraux est, en général, absolument nécessaire en Campine, il n'est pas toujours indispensable d'y employer les engrais azotés qui sont très chers. Si les cultivateurs traitaient rationnellement le fumier de ferme afin d'empêcher la volatilisation de l'azote, s'ils employaient partout des engrais minéraux dans les prairies, s'ils cultivaient aussi souvent que possible les plantes améliorantes, s'ils évitaient de laisser leurs terres nues, il est incontestable qu'ils parviendraient rapidement à augmenter la fertilité du sol sans achat d'azote.

Loin de nous cependant la pensée de déconseiller partout et toujours l'emploi du nitrate de soude. Nous savons trop bien par expérience que bien souvent on peut, par son application rationnelle, obtenir d'excellents résultats au point de vue économique.

*Mais l'idéal en culture extensive, c'est de ne pas devoir en acheter.*

Les pertes en azote sont bien plus considérables qu'on ne se l'imagine généralement et il n'y a pas de doute que la quantité d'azote se perdant nécessairement est inférieure à celle pouvant être retirée de l'air par une culture rationnelle.

L'azote se rencontre dans le sol sous trois formes différentes : azote *nitrique*, *ammoniacal* et *organique*.

Sous cette dernière forme l'azote n'est pas toujours direc-

tement absorbable par les plantes ; pour le devenir, la *nitrification* est généralement indispensable.

Dans les différents sols que nous avons mis en expérience, l'azote se trouve en majeure partie engagé dans des combinaisons organiques ;

Aucun de ces sols ne renferme des combinaisons ammoniacales :

| | SABLE CAMPINIEN | SABLE DIESTIEN | SABLE TONGRIEN | LIMON HESBAYEN |
|---|---|---|---|---|
| Azote nitrique. | 0.09 °/oo | 0.06 °/oo | — °/oo | 0.02 °/oo |
| » ammoniacal. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| » organique. | 0.31 » | 0.29 » | 0.09 » | 0.07 » |
| Total | 0.40 » | 0.35 » | 0.09 » | 0.09 » |
| Azote total par hectare et pour une couche de 20 centimètres. | 1048 kil. | 903 kil. | 239 kil. | 220 kil. |

Il n'y a aucune relation constante entre la quantité de matières volatiles et combustibles, la matière noire et l'azote total que les différents sols renferment :

| | Matières combustibles et volatiles | Matières noires de Grandeau | Azote total |
|---|---|---|---|
| Sable campinien. | 28.24 °/oo | 15.71 °/oo | 0.40 |
| » diestien. | 25.84 » | 5.84 » | 0.35 |
| » tongrien. | 4.04 » | 0.08 » | 0.09 |
| Limon hesbayen. | 39.41 » | 0.17 » | 0.09 |

Truchot a constaté que la proportion d'azote qui existe

dans la terre arable est toujours dans un rapport direct avec le carbone qui s'y trouve, de sorte que cette dernière substance est comme l'indice et en quelque sorte la mesure de la quantité d'azote organique contenue dans le sol (1).

« Un sol noir, riche en humus, dit Warington (2), est toujours riche en azote, tandis qu'un sol dépourvu d'humus n'en contiendra guère. » La seconde assertion est vraie ; mais nous ne pouvons nous rallier à la première, elle est trop générale, comme l'analyse du campinien l'indique.

Le sable de bruyère de la Campine, ainsi que le sable diestien, sur lesquels nous avons opéré, sont relativement pauvres en azote. En effet, d'après Risler et Coulomb-Pradel, les sols couverts depuis longtemps de végétation doseraient 0,7 à 0,8 p. m. d'azote. Ces données ne se vérifient pas pour les sols dont nous nous occupons. Il est vrai que ces auteurs n'ont pas indiqué jusqu'à quelle profondeur le sol renferme cette quantité d'azote.

Nous avons déjà vu d'ailleurs que les couches supérieures sont plus riches en cet élément fertilisant que les couches profondes.

On ne peut transformer économiquement et rapidement les sables de bruyères en terre d'une haute fertilité. En effet, la limite inférieure de fertilité de la période céréale parait correspondre à un dosage en azote de 1 p. m. (Soit 4000 kilog. pour une couche arable du poids de 4,000,000 de kil.)

Les sables campiniens et diestiens sont loin d'en contenir une aussi grande quantité :

Une couche de 26.5 centimètres de sable diestien et de 30.53 centimètres de sable campinien pèse 4,000,000 kil.

(1) Favier : *L'azote et le phosphore*, p. 18.

(2) Warington : *La chimie à la ferme*, traduction de Vuyst, p. 22.

Supposant tout l'azote que le sol renferme jusqu'à la profondeur de 40 centim. condensé dans ces couches et ces sols ne doseraient encore que

0.45 p. 1000 d'azote pour le sable diestien.
0.52 p. 1000 » » » campinien.

Le défrichement immédiat de la plupart des sols de la Campine ne peut donc se faire d'une façon avantageuse parce qu'ils sont trop pauvres en azote. On doit les transformer en sapinières. Là où l'humidité ne fait pas défaut, on pourrait créer des prairies.

*La potasse* (1). — Les plantes cultivées sont loin d'avoir les mêmes besoins en potasse, et il en résulte nécessairement que leur composition chimique est très différente. D'après Boussingault (2) 1000 parties de cendres renferment :

| | | |
|---|---|---|
| Pommes de terre | 51.5 | de potasse. |
| Betteraves fourragères | 39.0 | » |
| Navets | 33.7 | » |
| Topinambours | 44.5 | » |
| Froment (graine) | 29.5 | » |
| id. (paille) | 9.2 | » |
| Avoine (graine) | 12.9 | » |
| id. (paille) | 24.5 | » |
| Trèfle | 26.6 | » |
| Haricots | 49.1 | » |
| Pois | 35.3 | » |
| Fèves | 45.2 | » |

On remarquera immédiatement que les plantes riches en

(1) Pour plus de détails sur cette question, nous renvoyons à notre travail sur « *Les avantages de l'emploi de la kaïnite*, etc. » Louvain, Peeters-Ruelens, 1889.

(2) Boussingault : in Isidore Pierre, *Chimie agricole*, t. II, p. 336, Paris 1884.

potasse peuvent réussir en Campine et nous pouvons déjà, jusqu'à un certain point, en conclure que les sols sablonneux de la Campine ne sont pas dépourvus de cet élément fertilisant.

Il est vrai d'ailleurs que le potassium est un métal excessivement abondant à la surface du globe.

On le rencontre, en proportion considérable, dans la plupart des sols cultivés. Les klingsteins et les basaltes, les schistes argileux et la terre glaise en renferment des quantités considérables (1).

| | | |
|---|---|---|
| Klingsteins et basaltes | 7.5 à 30.0 | p. 1000 |
| Schistes argileux | 27.1 à 33.1 | » |
| Terre glaise | 15.0 à 40.0 | » |

Le feldspath orthoclase dose d'après Malaise (2) 169 p. 1000 de potasse ; la glauconie de certains sables d'Anvers 78.7 p. 1000.

D'après un grand nombre d'analyses chimiques, faites pour le service des agronomes de l'État, on peut conclure que la plupart des sols du Limbourg sont relativement riches en cet élément.

*Les sols limoneux et argileux et même certains sables renferment plus de potasse que la somme totale de tous les autres éléments fertilisants.*

Cependant, on ne peut pas toujours en conclure qu'il est inutile de restituer cet engrais au sol.

En effet, la plus grande partie de cette potasse se trouve engagée dans des combinaisons très stables et plus ou moins insolubles.

Il n'y a aucune relation entre la quantité totale de potasse

(1) Liebig in de Gasparins : *Terrains agricoles*. Bruxelles 1884, p. 95.
(2) Malaise : *Manuel de minéralogie pratique*, p. 274, 1881.

et la quantité soluble dans l'acide chlorhydrique à froid (1).

| | Sable camp. | Sable diest. | Sable tongr. | Limon hesb. |
|---|---|---|---|---|
| Potasse soluble dans l'acide chlorydrique. | 576 | 1316 | 371 | 1830 |
| Potasse insoluble. | 53081 | 65474 | 53292 | 77470 |

Cependant on ne doit pas croire que la potasse soluble dans cet acide soit seule assimilable par les plantes. Dans cette hypothèse, le sable tongrien serait à peu près stérile puisqu'il n'en renferme par hectare que 371 kilos. Il est certain qu'une partie de la potasse insoluble devient assimilable sous l'action d'influences diverses et notamment des acides excrétés par les racines. C'est ce que nous avons pu constater plusieurs fois dans nos expériences comme nous le verrons plus loin.

La potasse se rencontre dans le sable *tongrien* sous forme de silicates divers, surtout sous forme de glauconie, etc.

La *glauconie* (2) qui est un hydrosilicate de potasse et de

(1) Quand un chimiste nous donne la proportion d'un élément (potasse par ex.), seulement soluble dans l'acide chlorhydrique, il devrait nous renseigner *a*) sur la température à laquelle l'attaque a été faite ; *b*) sur la durée de l'attaque par l'acide ; *c*) sur la finesse du sol. Ces trois causes peuvent influer sur la quantité de potasse soluble dans ce réactif.

(2) Dewalque : *Note sur la glauconie d'Anvers*. Annales de la société géologique de Belgique, tome II. Mémoires, page 3. Liège, 1887. *In* Malaise : Manuel de minéralogie : Certains sables renferment plus de 50 % de glauconie qui elle-même dose 7,87 % de potasse. « Elle s'y présente en grains uniformes, luisants, ressemblant à des grains de poudre de chasse, dépassant quelquefois un demi millimètre de diamètre, d'une couleur noir-verdâtre, vert-olive, gris-verdâtre ou jaunâtre, suivant son état de décomposition plus ou moins avancée ; sa poussière est *vert*-claire. » M. Malaise admet que ces sables pourraient être avantageusement employés pour amender les terres argileuses.

On obtiendrait, croyons-nous, avec ces sables un excellent résultat dans certaines prairies tourbeuses de la Campine.

fer est beaucoup plus altérable que le *mica*. C'est sans doute en partie à ce fait que nous devons attribuer la proportion plus élevée de potasse soluble dans le sable *diestien* et le *limon hesbayen* qui sont tous deux riches en glauconie. Si on tient compte que le sable *diestien* renferme 15 °/₀ de matières qui ne passent pas au tamis de 1 millimètre, on verra qu'il renferme presque autant de potasse soluble que le limon hesbayen.

*La magnésie et la chaux.* — C'est à tort que G. Ville affirme que la magnésie existe en quantite suffisante dans presque tous les sols arables et qu'il n'y a pas lieu de se préoccuper de la restitution de cet élément fertilisant.

Nous savons que certains sols sablonneux de la Campine sont excessivement pauvres en magnésie et qu'il est absolument indispensable de restituer cet élément au sol. De plus, l'étude de l'emploi des engrais magnésiens s'impose parce que, par la restitution de la magnésie et de la chaux, nous pouvons économiser de la potasse qui est un élément fertilisant relativement cher.

En effet, la chaux, la potasse et la magnésie, outre leur fonction spécifique dans l'économie de la plante, jouent un rôle générique, notamment dans la saturation des acides qui se produisent dans les plantes en pleine végétation. Il est certain que pour cette fonction, elles peuvent se remplacer sinon totalement, du moins partiellement.

Aussi si on veut se rendre compte de la fertilité d'un sol en se basant sur l'analyse chimique on ne doit pas seulement examiner la quantité de chacun de ces éléments minéraux séparément et isolément mais aussi la somme totale de ces trois éléments réunis.

Ces chiffres sont importants à considérer parce qu'ils nous permettent, dans bien des cas, d'expliquer d'une façon

tisfaisante, les résultats d'expériences culturales qui à remière vue, paraissent étranges et anormaux.

La terre fine de la couche arable d'un hectare jusqu'à la rofondeur de 20 centimètres renferme en kilogrammes :

| NATURE DES ÉLÉMENTS | SABLE CAMPIN. | | SABLE DIESTIEN | | SABLE TONG. | | LIMON HESB. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Sol. | Insol | Solub. | Insol. | Solub. | Insol. | Solub. | Insol. |
| Magnésie | 865 | 33,824 | 465 | 20.764 | 318 | 35.749 | 1171 | 24.595 |
| Chaux | 1441 | 24.890 | 1419 | 1807 | 2226 | 13.807 | 8125 | 18.544 |
| Potasse | 576 | 53.081 | 1316 | 65.474 | 371 | 53.292 | 1830 | 77.470 |
| Total | 2882 | 111.795 | 3200 | 88.005 | 2915 | 92.848 | 11126 | 120.609 |

Comme nous le verrons plus loin, la magnésie ne manque guère dans le sable diestien pour l'avoine mais bien dans le sable campinien. Or, celui-ci est beaucoup plus riche en magnésie soluble et insoluble que le premier.

A notre avis, on doit évidemment attribuer ce fait, en grande partie, à la présence dans le sable diestien d'une plus grande quantité de potasse (1316 kilos au lieu de 576).

Ces sols ayant servi pour nos expériences sont tous pauvres en chaux : ils renferment par hectare et pour une couche de 20 centimètres :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Sable camp.* | 24,890 k$^{os}$ | chaux | | insoluble. |
| | 1,441 | » | » | soluble. |
| *Sable tongr.* | 13,807 | » | » | insoluble. |
| | 2,226 | » | » | soluble. |
| *Limon hesb.* | 18,544 | » | » | insoluble. |
| | 8,125 | » | » | soluble. |
| *Sable diest.* | 1,807 | » | » | insoluble. |
| | 1,419 | » | » | soluble. |

Il n'y a aucune relation entre la quantité de chaux totale et celle qui est soluble dans l'acide chlorhydrique. En effet :

Le sable campinien renferme environ 17 fois plus de chaux insoluble que de chaux soluble.

Le sable tongrien renferme environ 6 fois plus de chaux insoluble que de chaux soluble.

Le limon hesbayen renferme environ 2 fois plus de chaux insoluble que de chaux soluble.

Le sable diestien renferme presque autant de chaux soluble que de chaux insoluble.

Le sable diestien est certainement un des sols les plus pauvres en calcaire de tout notre pays.

L'emploi *direct* d'une grande quantité de chaux n'est pas à conseiller dans les sols sablonneux. On doit y restituer la chaux à petites doses et autant que possible sous forme de carbonate (marne, craie) ou de sulfate (plâtre).

Dans les prairies et les sols acides (caractérisés suffisamment par la présence de certaines plantes), l'emploi de la chaux soit directement, soit sous forme de compost est très avantageux. On ne doit jamais perdre de vue que par l'emploi irrationnel de la chaux, on épuise rapidement le sol.

### ANALYSE DE CES SOLS PAR LA PLANTE.

Pour la plupart de nos expériences, nous avons fait usage de pots en terre cuite, ayant 23 centimètres de profondeur et 25 centimètres de diamètre maximum. Nous expérimentions sur 8 ou 6 kilogr. de sable pour chaque culture.

Pour faciliter l'aération, le fond des pots est jonché d'une couche de tessons ; ces derniers doivent au préalable être lavés dans une eau bien pure.

Nous avons semé, en 1888, une variété d'avoine suédoise,

introduite dans notre province, par M. le Gouverneur du Limbourg. Les graines semées provenaient d'un champ de M. L. Croonenberghs, distillateur à Hasselt ; la récolte y avait donné 2755 kilogr. de grains.

Trente graines ont été semées dans chaque pot. Le semis a été fait le 2 mai.

Par suite de la sécheresse du printemps, par suite aussi de l'évaporation plus active, attendu que les pots exposent à l'air une grande surface, les arrosements ont été fréquents et abondants. Chaque pot a reçu 102 décilitres d'eau de pluie filtrée.

D'après les patientes observations de M. E. Geraerts, la quantité moyenne d'eau tombant à Hasselt est

| | | | |
|---|---|---|---|
| pour le mois de mai | | 53.9 | mm. |
| » | juin | 72.0 | » |
| » | juillet | 73.1 | » |
| | Total. | 199 | mm. |

En 1888, est tombée :

| | | | |
|---|---|---|---|
| durant le mois de mai | | 16.7 | mm. |
| » | juin | 81.5 | » |
| » | juillet | 154.3 | » |
| | Total. | 252.5 | mm. |

A nos cultures, dans le sol campinien, nous avons ajouté une colonne d'eau de 208 mm. ; elles ont donc reçu en tout 460.5 mm.

Cette quantité d'eau n'est pas trop forte : Pendant la durée de leur végétation, les céréales ordinaires rejettent dans l'air de 2 à 4 millions de kilogr. d'eau par hectare.

« Des expériences faites (1) dans le sable additionné de divers engrais, ont donné des consommations d'eau variant de 727 à 2693 fois le poids du grain produit. »

(1) Joulie : *La production fourragère*, etc. Paris, 1887, p. 146.

Faut-il tenir compte de l'apport d'azote par l'eau que nous avons ajoutée ?

Si l'on admet qu'un million de kilogr. d'eau de pluie contiennent 1 kilogr. d'azote, — ce qui est exagéré, — chaque culture aurait reçu par l'eau d'arrosement 0 gr. 0102 d'azote ; cette quantité est négligeable, comme d'ailleurs les cultures le démontreront.

Les engrais suivants ont été employés en 1888 : Nous avons commis, cette année, l'erreur de ne point tenir compte de l'acide sulfurique du plâtre (voir la première partie de ces études).

Culture n° 1.

A) 4 gr. de nitrate d'ammoniaque.
B) 2 gr. de phosphate acide de soude hydraté.
C) 2 gr. de carbonate de potasse.
D) { 4 gr. de carbonate de calcium.
{ 4 gr. de sulfate de calcium (plâtre).
E) 4 gr. de sulfate de magnésium.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Culture n° 2. | Tous les éléments du n° 1, | | moins A). |
| » | n° 3. | id. | moins B). |
| » | n° 4. | id. | moins C). |
| » | n° 5. | id. | moins D). |
| » | n° 6. | id. | moins E). |
| » | n° 7. Rien. | | |

On pourrait peut-être s'étonner de la quantité d'engrais employée ; mais il fallait exagérer les doses pour faire ressortir davantage les effets de chaque élément.

Si l'opinion de M. Joulie (1), au sujet de l'humus est vraie, il était à craindre que l'humus rendit insoluble ou

(1) Jouli : Op. cit. p. 266 et sqq.

insbsorbable l'un ou l'autre élément, s'il était employé à petite dose.

Afin d'éviter une concentration trop forte, les éléments ont été mélangés intimement avec la terre dans toute sa profondeur.

Nous avons employé le nitrate d'ammoniaque afin de fournir à la fois de l'azote nitrique et de l'azote ammoniacal et aussi pour éviter l'emploi du nitrate de soude, agent de diffusion.

Afin d'exclure le calcium, nous avons employé du phosphate acide de sodium.

En 1889, nous avons institué toutes nos cultures d'après la méthode que nous exposons plus haut.

Dans le sable campinien, nous avons encore expérimenté sur 8 kilogr. de sable ; nous avons fait usage des engrais suivants :

10 cent. cubes d'une solution saturée de carbonate d'ammoniaque.
15 » » » de phosphate acide bisodique.
5 » » » de carbonate de potasse.
5 grammes de carbonate de Calcium.
2 grammes 1/2 de carbonate de magnésie.
2 grammes de sulfate de soude.
1/2 gramme de carbonate de potoxyde de Fer.

Dans une culture, on ajoutait 2 grammes de chlorure de sodium à l'engrais complet.

L'avoine a reçu, en moyenne, 165 décilitres d'eau d'arrosage ; l'orge 162, le sarrasin 193 décilitres.

Pour le sable diestien, (orge), nous avons expérimenté sur 2 kilogr. 1/2 de sable et employé les doses suivantes d'engrais :

5 cent. cubes d'une solution saturée de carbonate d'ammoniaque.
10 » » » de phosphate acide bisodique.
2 » » » carbonate de potasse.
2 1/2 grammes de carbonate de chaux.
1 » » » magnésie.
0 gr. 800 de sulfate de soude.

Comme ce sol est ferrugineux, nous n'avons pas fait de recherche sur le fer.

Ces cultures ont reçu, en moyenne, 87 décilitres d'eau d'arrosage par pots.

Dans les sables tongriens, les expériences se faisaient sur 8 kilogr. de sable. Les engrais suivants ont été employés :

10 cent. cubes d'une solution saturée de nitrate de soude.
15 » » » de phosphate acide de soude.
5 » » » carbonate de potasse.
5 grammes de carbonate de chaux.
2 gr. 5 » » magnésie.
2 gr. » » sulfate de soude.
1/2 gr. de carbonate ferreux.
2 gr. de chlorure de sodium, dans un cas.

Eau d'arrosage, en moyenne, 154 décilitres.

## CAMPINIEN

## Cultures de 1888

### Avoine

| CULTURES | Nombre de pieds | Nombre de tiges | Poids total en grammes | Poids de la paille et des graines | Poids des racines |
|---|---|---|---|---|---|
| Engrais complet | 30 | 49 | 52.5 | 34 | 17.5 |
| Id. sans azote | 29 | 57 | 26 | 16.5 | 9.5 |
| Id. sans acide phosphorique | 30 | 30 | 12 | 5 | 7 |
| Id. sans potasse | 24 | 43 | 42 | 27 | 15 |
| Id. sans chaux | 30 | 49 | 38 | 23 | 15 |
| Id. sans magnésie | 28 | 35 | 35 | 23.5 | 11.5 |
| Rien | 26 | 27 | 8.5 | 3.25 | 5.25 |

*Notes de culture.* Durant toute la durée de la végétation, la culture privée d'acide phosphorique, ainsi que celle sans engrais, a été très chétive. La production de graines y a été presque nulle.

Durant plus d'un mois, les plantes de la culture sans magnésie ont été jaunes, chlorotiques et chétives au point que l'on croyait qu'elles allaient périr. Cette couleur jaune ne se montrait cependant pas autant dans la culture privée de tout engrais. Quand les plantes ont verdi, elles ont pris un essor assez vigoureux.

Il est certain que ces plantes n'ont pu traverser cette période critique que grâce aux soins dont on entoure les cultures en pots.

## Cultures de 1889

### Avoine

| CULTURES | Nombre de pieds | Poids des tiges | Poids des graines | Poids total |
|---|---|---|---|---|
| Complet | 17 | 19 | 7 | 26 |
| Id. sans azote | 19 | 10 | 4 | 14 |
| Id. sans acide phosphorique | 18 | 3 | 1 | 4 |
| Id sans potasse | 19 | 17 | 8 | 25 |
| id. sans chaux | 17 | 5 | 2 | 7 |
| Id. sans magnésie | Cette culture a été détruite | | | |
| Id. sans acide sulfurique | 17 | 21 | 8.5 | 29.5 |
| Id. sans fer | 18 | 22 | 8 | 30 |
| Rien | 18 | 2.5 | 1 | 3.5 |
| Complet + chlorure de sodium | 17 | 15 | 6 | 21 |

*Notes de culture*. Durant quelques jours, les plantes dans la culture sans chaux, ont été jaunâtres, surtout l'extrémité des feuilles.

Pour l'acide phosphorique, mêmes observations que dans la série précédente.

Le fait le plus saillant est l'état chétif de la culture sans chaux, tandis qu'en 1888, la soustraction de la chaux n'a pas été si funeste. Les cultures suivantes dénotent également ce manque de chaux. La différence résiderait-elle dans la variété d'avoine cultivée ? En 1889, nous avons semé l'avoine indigène.

Il est regrettable que la culture sans magnésie ait été détruite.

La comparaison des cultures de 1888 et 1889 montre que l'avoine de Suède est plus prolifique que l'avoine indigène.

ORGE

| CULTURES | Nombre de tiges | Poids des tiges | Poids des graines | Poids total |
|---|---|---|---|---|
| Complet | 20 | 10.5 | 7.5 | 18 |
| Id. sans azote | 19 | 5 | 3 | 8 |
| Id. sans acide phosphorique | 19 | 2 | 0 | 2 |
| Id. sans potasse | 20 | 6.5 | 4 | 10.5 |
| Id. sans chaux | 14 | 3 | 0 | 3 |
| Id. sans magnésie | 12 | 9.5 | 3 | 12.5 |
| Id. sans acide sulfurique | 15 | 11 | 5 | 16 |
| Id. sans fer | 19 | 15.5 | 9 | 24.5 |
| Rien | 16 | 0.5 | 0 | 0.5 |
| Complet + NaCl | 19 | 13.5 | 11 | 24.5 |

*Notes de culture.* Durant quelques jours, les plantes des cultures sans azote, sans magnésie, sans chaux, sans potasse et celle privée de tout engrais ont été chlorotiques.

Dès le début de la végétation, nous avons pu constater l'effet utile de l'acide sulfurique et du chlorure de sodium.

Cette culture montre que l'orge est en réalité une plante plus délicate que l'avoine et qu'elle conviendrait mieux pour les recherches de ce genre que l'avoine. La comparaison des deux cultures montre à l'évidence que « l'analyse du sol par la plante n'a de valeur que pour la plante mise en expérience ».

SARRASIN

| CULTURES | Nombre de tiges | Poids des tiges | Poids des graines | Poids total |
|---|---|---|---|---|
| Complet | 10 | 21 | 10 | 31 |
| Id. sans azote | 10 | 13 | 8 | 23 |
| Id. sans acide phosphorique | 10 | 3.25 | 0.25 | 3.5 |
| Id. sans potasse | 10 | 20 | 10 | 30 |
| Id. sans chaux | 10 | 20.5 | 9.5 | 30 |
| Id. sans magnésie | 10 | 10 | 4 | 14 |
| Id. sans acide sulfurique | 10 | 28 | 12 | 40 |
| Id. sans fer | 10 | 20 | 12 | 32 |
| Rien | 10 | 1.9 | 0.1 | 2 |
| Complet + NaCl | 10 | 21 | 12 | 33 |

*Notes.* La levée a été retardée dans la culture sans chaux, il a fallu resemer un grand nombre de graines pour arriver au nombre normal de tiges.

Dès que la levée était faite, les plantes ont pris un vigoureux essor.

Ainsi un élément peut faire défaut pour une plante jeune et délicate et devenir assimilable pour la plante devenue plus robuste.

Le fait le plus frappant a été le manque absolue d'acide phosphorique et celui de la magnésie ; dans la culture, sans magnésie, les plantes ont été jaunes, chlorotiques.

Le sarrasin nous semble être une plante très sensible à l'action des engrais.

Nous avons encore fait une analyse du sol par les pois : Ces cultures ont été chétives, de plus la culture à l'engrais complet a été détruite par un accident. Nous donnons les résultats obtenus.

Pois

| CULTURES | NOMBRE DES TIGES | POIDS TOTAL | NOMBRE DES GRAINES |
|---|---|---|---|
| Complet | Cette culture a été détruite | | |
| Id. sans azote | 9 | 8 | 21 |
| Id. sans acide phosphorique | 8 | 7.5 | 11 |
| Id. sans potasse | 9 | 12.5 | 22 |
| Id. sans chaux | 7 | 6 | 10 |
| Id. sans magnésie | 10 | 4 | 9 |
| Id. sans acide sulfurique | 7 | 6.5 | 16 |
| Id. sans fer | 6 | 9 | 13 |
| Rien | 7 | 2.5 | 7 |
| Complet + NaCl | 8 | 10 | 26 |

*Note*. Dans la culture sans chaux, la levée a été mauvaise, il a fallu resemer plusieurs graines.

Des limaces ont rongé les plantes de la culture avec engrais complet.

Dans la culture, sans azote, les plantes sont restées jaunâtres, ainsi que celles privées de magnésie.

Tout considéré, l'azote est utile au développement de ces légumineuses comme les expériences de M. Proost à Louvain l'ont également démontré.

## DIESTIEN

## Cultures de 1888

### Avoine

| CULTURES | Nombre de pieds | Nombre de tiges | Poids total en gr. | Poids paille et graines | Poids des racines |
|---|---|---|---|---|---|
| Complet | 28 | 47 | 48 | 27 | 21 |
| Id. sans azote | 30 | 39 | 38 | 20 | 18 |
| Id. sans acide phosphorique | 30 | 34 | 12 | 5 | 7 |
| Id. sans potasse | 27 | 42 | 47 | 27 | 20 |
| Id. sans chaux | 28 | 36 | 39 | 24 | 15 |
| Id. sans magnésie | 29 | 37 | 36 | 27 | 19 |
| Rien | 26 | 31 | 8 | 4.5 | 3.5 |

*Note*. Hormis le manque absolu d'acide phosphorique, rien de saillant n'a été noté durant le cours de la végétation.

## Cultures de 1889

### Orge

| CULTURES | NOMBRE DES TIGES | POIDS TOTAL | POIDS DES GRAINES |
|---|---|---|---|
| Complet | 10 | 17 | 9 |
| Id. sans azote | 10 | 11 | 6.5 |
| Id. sans acide phosphorique | 10 | 1.5 | 0 |
| Id. sans potasse | 10 | 15 | 7 |
| Id. sans chaux | 10 | 10.5 | 3 |
| Id. sans magnésie | 10 | 16 | 5.5 |
| Id. sans acide sulfurique | 10 | 20 | 9 |
| Rien | 10 | 1 | 0 |

*Notes de culture.* La végétation a accusé nettement, non seulement le manque d'azote, d'acide phosphorique et de chaux, mais encore celui de la potasse.

Nous devons observer que les expériences ont été faites en 1888 et 1889 avec le même sable, provenant du même envoi : L'orge est une plante beaucoup plus délicate que l'avoine.

La comparaison des deux cultures dans le diestien montre que l'on ne pourra généraliser les indications données par une analyse du sol par la plante que lorsque nous connaîtrons mieux les besoins spécifiques des plantes ou mieux leur aptitude particulière à absorber dans le sol les éléments fertilisants y contenus.

# TONGRIEN

## Cultures de 1888

### Avoine

| CULTURES | Nombre de plantes | Nombre de tiges | Poids total en gr. | Poids, paille et graines | Poids des racines |
|---|---|---|---|---|---|
| Complet | 26 | 55 | 77 | 43 | 29 |
| Id., sans azote | 30 | 55 | 37 | 25 | 12 |
| Id. sans acide phosphorique | 30 | 49 | 72 | 47 | 25 |
| Id. sans potasse | 30 | 41 | 66 | 42 | 24 |
| Id. sans chaux | 29 | 48 | 85 | 49 | 36 |
| Id. sans magnésie | 28 | 52 | 72 | 45 | 27 |
| Rien | 30 | 57 | 55 | 38 | 17 |

*Note.* Au début de la végétation, les plantes de la culture sans potasse ont été faibles, souffreteuses et jaunâtres ; plus tard la végétation a pris un vigoureux essor.

L'examen de la végétation, vers la fin, ne montrait que le défaut de l'azote.

# Cultures de 1889

## Orge

| Cultures | NOMBRE DE TIGES | POIDS TOTAL | POIDS DES GRAINES |
|---|---|---|---|
| Complet | 20 | 30 | 15.5 |
| Id. sans azote | 20 | 10 | 4 |
| Id. sans acide phosphorique | 20 | 32.5 | 17.5 |
| Id. sans potasse | 19 | 42 | 14.5 |
| Id. sans chaux | 20 | 29 | 13 |
| Id. sans magnésie | 19 | 39 | 22.5 |
| Id. sans acide sulfurique | 18 | 32 | 15.5 |
| Id. sans fer | 20 | 40 | 19 |
| Rien | 19 | 15 | 7 |
| Complet + NaCl | 19 | 35 | 20 |

*Notes.* Nous n'avons pas observé le phénomène constaté pour l'avoine dans la culture sans potasse : L'examen de la végétation n'a nullement indiqué un manque de cet élément.

Au commencement de juin, les plantes de toutes ces cultures étaient pâles, presque jaunâtres.

Une note du 10 juin porte : « L'azote, *l'acide phosphorique*, la chaux semblent manquer ».

## Discussion des résultats.

### CAMPINIEN.

Si nous comparons la composition chimique du sable campinien avec celle des autres sols et les résultats des cultures, on doit se convaincre qu'il y a une cause qui frappe ce sol de stérilité, autre encore que le manque absolu d'acide phosphorique. Cette cause peut être multiple et résider dans la nature des combinaisons du sol, la grosseur du grain de sable, etc. mais rien de tout cela ne donne une explication suffisante de cette infertilité. Nous en avons cherché ailleurs (1) l'explication dans la proportion élevée d'humus noir que contient ce sol.

En effet l'analyse en indique

| | |
|---|---|
| Sable campinien | 15.71 p ‰ |
| — diestien | 5.84 p ‰ |
| — tongrien | 5.08 p ‰ |
| Limon hesbayen | 0.17 p ‰ |

Dans les terres arables de notre région, la proportion d'humus noir est moins considérable, cependant encore trop élevée.

L'analyse chimique constate que les sables, qui font l'objet de cette étude, contiennent les quantités suivantes d'acide phosphorique par hectare et pour une épaisseur de 20 centimètres.

| | | |
|---|---|---|
| Campinien | 314 | kilogr. |
| Tongrien | 504 | » |
| Diestien | 1110 | » |

(1) *Les avantages et les inconvénients de l'humus*, etc. Louvain 1889.

Comparons les récoltes obtenues dans les cultures sans acide phosphorique :

| SOLS | AVOINE | | ORGE | |
|---|---|---|---|---|
| | ENGRAIS COMPLET | SANS ACIDE PHOSPHOR. | ENGRAIS COMPLET | SANS ACIDE PHOSPHOR. |
| Campinien | 26 | 4 | 10.5 | 2 |
| Tongrien | 43 | 47 | 30 | 32.5 |
| Diestien | 27 | 5 | 17 | 1.5 |

Il est évident que l'analyse chimique du sol n'aurait jamais fait prévoir cette différence. La présence de l'humus noir et l'homogénéité du sol auraient pu, peut-être, donner quelques éclaircissements.

Certains auteurs admettent que la fertilité d'une terre est proportionnelle à la quantité d'acide phosphorique que le sol renferme. Toutes choses égales, et si l'on parle d'acide phosphorique absorbable, cette assertion est parfaitement vraie, en harmonie avec *la loi du minimum*. Mais prise dans le sens obvie, cette assertion est fausse, sinon le sable diestien aurait dû donner une récolte plus élevée que le tongrien. Pour le limon hesbayen, nous avons trouvé un fait analogue.

Nos expériences donnent, au sujet de l'acide phosphorique, des renseignements précieux : nous pouvons affirmer, avec une certitude absolue, que l'élément fertilisant qui manque le plus est l'acide phosphorique. Toute amélioration en Campine doit commencer par l'introduction de cet engrais. On ne peut se lasser de le répéter dans les conférences, les cours d'adultes. A la plupart des cultivateurs

de notre région, dont les ressources sont médiocres, il faut recommander presque exclusivement l'achat de phosphates.

Les scories phosphatées sont très appropriées à nos sols et elles conviennent d'autant mieux qu'elles contiennent une notable quantité de chaux et de magnésie.

Le campinien est pauvre en azote ; l'azote qu'il contient ne semble pas même très actif. L'introduction de cet élément doit se faire naturellement, surtout quand il s'agit de bruyères épuisées par l'étrèpage : la création de prairies, quand la présence de l'eau le permet, l'établissement de pineraies — avec défense formelle de ratelage — seront les moyens à employer pour approprier ces terres à la culture. Nous exceptons le cas où le cultivateur empiète lentement pied à pied sur la bruyère, en utilisant de l'engrais d'étable.

Au commencement de juin 1888, les plantes d'avoine de la culture sans magnésie, présentaient une coloration jaunâtre ; elles semblaient atteintes de chlorose. Nous ne doutions alors nullement qu'elles périraient bientôt. Il n'en fut rien, au bout de quelques jours, elles recommencèrent à végéter plus ou moins normalement.

Il n'est pas rare de voir en Campine, des cultures d'avoine qui paraissent atteintes de chlorose, au commencement de leur végétation. Le manque d'azote, d'acide phosphorique, de magnésie, de fer, peut en être la cause.

La magnésie contenue en si grande quantité dans le sol campinien semble donc peu absorbable ; l'avoine ne parvient à utiliser la magnésie du sol qu'après avoir atteint un certain développement. En culture ordinaire, toute la récolte aurait été perdue ; ici les plantes ont pu traverser la phase critique, grâce aux soins dont elles sont entourées.

En 1887, dans des cultures faites à Tongres, l'un de nous a fait la même observation. Ainsi malgré la quantité totale de magnésie que contient le sol, l'introduction de cet élément s'impose. Nous avons suffisamment parlé de cette base dans une étude précédente. Nous faisons seulement des vœux pour que l'on recherche les avantages de la dolomie dans la grande culture.

Partout on devrait employer la chaux en Campine ; mais il faut employer la chaux comme engrais chimique et non comme amendement, c'est-à-dire que des doses de 2000 kilogr. même de 1000 kilogr. et de 500 kilogr. peuvent suffire. Dans les sols acides, dans les prairies où l'humus s'accumule en excès, il faut employer la chaux comme amendement.

Rarement, — si ce n'est dans les prairies tourbeuses et acides — on doit employer la chaux directement, il est toujours préférable de l'introduire par les composts. L'introduction des marnes magnésiennes est tout indiquée.

L'élément qui manque le moins est la potasse (1). Néanmoins le sable campinien est pauvre en potasse, soluble dans l'acide chlorhydrique, mais il renferme une grande quantité de potasse totale. Nous pouvons en conclure que la potasse insoluble dans l'acide chlorhydrique est en partie assimilable par les plantes.

L'effet de la potasse, dans nos cultures, est encore considérable ; cependant nous croyons qu'il est rarement nécessaire de l'employer, comme supplément au fumier d'étable, tandis que *toujours il faudrait ajouter des phosphates au fumier d'étable.*

(1) VANDERYST et SMETS, *Les multiples avantages de la Kaïnite*, etc. Louvain 1887.

L'*acide sulfurique* semble avoir été nuisible à l'avoine, au sarrasin, mais favorable à l'orge et aux pois. Vu la quantité d'acide sulfurique contenue dans l'eau pluviale, il y a lieu d'ajourner toute conclusion définitive, — touchant son effet nocif — jusqu'au moment où des expériences faites plus minutieusement, avec emploi d'eau distillée pour l'arrosage, permettront de résoudre définitivement ce problème. Pour l'*orge* et les *pois*, nous pourrions déjà admettre l'utilité de cet élément, en effet malgré l'apport d'acide sulfurique par l'eau pluviale et l'eau d'arrosage, cet acide a agi favorablement : Est-ce un effet direct ou indirect ? nous n'oserions nous prononcer.

Le fer a été nuisible à l'avoine, à l'orge, au sarrasin, peut-être utile aux pois. On sait que les plantes n'ont besoin que d'une quantité minime de fer, et que de grandes quantités agissent comme poison (1). Le fer employé a-t-il été réellement nuisible? la forme sous laquelle il a été employé ne convient-elle pas aux plantes ? Nous n'oserions le dire.

Le sel de cuisine a été nuisible à l'avoine, à l'orge ; il a augmenté le poids des graines du sarrasin, celui des pois. C'est un élément dont les effets sont capricieux ; on sait qu'il est très utile au sarrasin.

### DIESTIEN.

Quoique moins riche en azote total et en azote nitrique que le sable campinien, l'analyse du sol le dénote comme étant plus riche. La nitrification a pu être plus active, l'absorption, non entravée par une proportion aussi élevée d'humus noir, l'absorption de cet élément a été plus grande. Nous avons :

(1) SACHS, op. cit. p. 267.

| | AVOINE | | ORGE | |
|---|---|---|---|---|
| | ENGRAIS COMPLET | SANS AZOTE | COMPLET | SANS AZOTE |
| Campinien | 34 | 16.5 | 18 | 8 |
| Diestien | 27 | 20 | 17 | 11 |

Le *diestien* contient azote organique 0,29
» » » nitrique 0,06
» » » ammoniacal 0,00
Total 903 kilogrammes. 0,35

Le campinien au contraire :
Azote organique 0,31
» ammoniacal 0,00
» nitrique 0,09
0,40
Soit 1048 kilogr. à l'hectare.

L'emploi des *phosphates* s'impose dans ces sols, comme dans le campinien, bien que le sol contienne 1110 kilogr. d'acide phosphorique.

La potasse y est très abondante (1316 + 65474), cet élément manque moins ; cependant l'orge, plante délicate, a été sensible à l'emploi de cette base.

Il est peu de sols aussi pauvres en chaux que le diestien (1419 + 1807) et cependant l'analyse par la plante le dénoterait plus riche que le campinien, qui en contient 1441 + 24890. En effet :

| | AVOINE | | ORGE | |
|---|---|---|---|---|
| | ENGRAIS COMPLET | SANS CHAUX | COMPLET | SANS CHAUX |
| Campinien | 34 | 23 | 18 | 3 |
| Diestien | 27 | 24 | 17 | 10.5 |

Nous croyons qu'une grande quantité de chaux soluble dans l'acide chlorhydrique et sous forme d'*humates de chaux insolubles*, dans le campinien, ce qui pourrait ne pas être le cas dans le diestien.

Cette contradiction entre l'analyse chimique et l'analyse du sol par la plante montre combien il est important de ne pas se laisser guider en agriculture par un seul indice et combien il faut se défier de conclusions prématurées.

Le *diestien* contient 465 + 20724 kilogr. de magnésie ; le *campinien* 865 + 33824 : L'analyse de sols pour la magnésie donne :

| | AVOINE | | ORGE | |
|---|---|---|---|---|
| | ENGRAIS COMPLET | SANS AZOTE | COMPLET | SANS AZOTE |
| Campinien | 34 | 23.5 | 18 | 12.5 |
| Diestien | 27 | 27 | 17 | 16 |

Encore une fois, il y a contradiction apparente entre la composition des sols et leur fertilité. Nous le répétons, il y a une cause qui frappe d'impuissance les éléments contenus dans le campinien.

Le cultivateur doit rechercher, dans les sables diestiens, si ses terres arables renferment une quantité suffisante de magnésie. Le défaut de magnésie a notablement diminué le poids des graines pour l'orge (de 9 à 5.5). Comme la chaux doit y être introduite, tôt ou tard, l'emploi de la dolomie y est tout indiqué.

L'acide sulfurique a augmenté le poids de la paille d'orge de 8 à 11 grammes.

### TONGRIEN.

Nos expériences dans ces sables n'offrent pas un grand intérêt cultural, attendu que ces sables ne constituent guère des terres arables.

L'azote manque comme dans presque tous les sous-sols. Ce sable ne contient que 504 kilogr. d'acide phosphorique et cependant son addition a été nuisible, si l'on ne consulte que les résultats donnés par la balance. Sans l'analyse chimique du sol, on serait peut-être exposé à cultiver ce sol sans addition d'acide phosphorique, il est certain qu'une culture de ce genre serait une culture spoliatrice, ruineuse, et donnerait bientôt des mécomptes.

Nous avons déjà dit que l'observation de la végétation avait montré, au début, le manque de potasse absorbable dans les cultures de 1888. Il est étonnant que le fait ne se soit pas montré pour l'orge ; cette céréale a donné de plus, dans la culture sans potasse, une récolte très supérieure en paille, tandis que le poids des graines a diminué d'un gramme. Nous ne pouvons que constater cette contradiction.

Tandis que la chaux semble nuisible à l'avoine, elle paraît utile à l'orge.

La magnésie a été plutôt nuisible qu'utile surtout à l'orge.

Il se pourrait bien qu'une cause, — qui nous a échappé, — a entravé le développement de l'orge dans la culture à l'engrais complet. Il faudrait toujours que les cultures fussent faites en double ou en triple.

Phosphate.

## Note complémentaire à l'analyse du sol par la plante.

Dans un travail récent *(Zür Kaliphosphat-Düngung nach Schultz-Lupitz*, p. 23) M. Wagner, le savant directeur de la station expérimentale de Darmstadt, dit que le *sodium* n'a pas seulement une *action indirecte* sur la végétation, mais encore une *action directe;* celle-ci, dit-il, s'est montrée si grande qu'il est de la plus haute importance d'en faire une étude ultérieure.

Il sera, par conséquent, important dans l'analyse du sol par la plante de combiner les formules d'engrais, de façon à ne pas introduire ni supprimer du *sodium* simultanément avec un autre élément fertilisant.

FIN.

# TABLE DES MATIÈRES

## I. Analyse du sol par la plante.


| | Pages. |
|---|---|
| Introduction | 5 |
| Définition | 13 |
| Objet des recherches | 15 |
| La loi du minimum | 19 |
| L'analyse du sol par la plante n'a de valeur que pour la plante mise en expérience | 27 |
| Elle doit se faire avec des engrais simples, chimiquement purs | 33 |
| Les résultats finaux doivent être corrigés par l'examen de la végétation | 34 |
| Causes nombreuses d'erreurs | 37 |
| Nécessité de l'analyse chimique du sol | 43 |
| L'analyse du sol par la plante doit se faire en pots | 45 |
| Méthode | 46 |
| Essais d'engrais | 52 |


## II. Les engrais magnésiens.


| | |
|---|---|
| Introduction | 59 |
| Rôle de la magnésie dans la plante | 63 |
| Nécessité de la restitution de la magnésie | 64 |
| Le magnésium | 69 |
| La magnésie | 70 |
| Chlorure de magnésium | 73 |
| Sulfate de magnésie | 74 |
| Carbonates de magnésie | 75 |
| La dolomie | 76 |
| Emploi de la dolomie | 80 |
| Conclusions | 81 |


## III. Valeur comparée de quelques phosphates.


| | |
|---|---|
| Assimilabilité des phosphates | 85 |
| Valeur agricole d'un phosphate | 92 |
| Recherches expérimentales sur la valeur agricole des phosphates de scories et ceux de Ciply | 94 |

**IV. Recherches expérimentales sur les sables campiniens, diestiens et tongriens.**

Pages.
Sable campinien . . . . . 105
Sable diestien . . . . . 122
Sables tongriens . . . . . 124
Analyse chimique des sols . . . . . 125
Densité de la terre séchée à l'air . . . . . 126
Composition chimique . . . . . 128
Composition et propriétés physiques du sol. . . . . 129
Composition chimique . . . . . 136
Analyse de ces sols par la plante . . . . . 152

*Campinien.*

Cultures de 1888 (avoine) . . . . . 156
Cultures de 1889 (avoine) . . . . . 157
Idem. (orge) . . . . . 158
Idem. (sarrasin) . . . . . 159
Idem. (pois) . . . . . 160

*Diestien.*

Cultures de 1888 (avoine) . . . . . 161
Id. de 1889 (orge) . . . . . 162

*Tongrien.*

Cultures de 1888 (avoine) . . . . . 163
Id. de 1889 (orge) . . . . . 164

*Discussion des résultats.*

Campinien . . . . . 165
Diestien. . . . . 169
Tongrien . . . . . 172
Note complémentaire à l'analyse du sol par la plante. . . 173

YB 16455